COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-CINQUANTE-DEUXIÈME.

JANVIER — JUIN 1911.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1911

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
AU 1er JANVIER 1911.

SCIENCES MATHÉMATIQUES

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :
JORDAN (Marie-Ennemond-Camille) (O. ✻).
POINCARÉ (Jules-Henri) (C. ✻).
PICARD (Charles-Émile) (O. ✻).
APPELL (Paul-Émile) (C. ✻).
PAINLEVÉ (Paul) ✻.
HUMBERT (Marie-Georges) ✻.

Section II. — *Mécanique.*

BOUSSINESQ (Valentin-Joseph) (O. ✻).
DEPREZ (Marcel) (O. ✻).
LÉAUTÉ (Henry) (O. ✻).
SEBERT (Hippolyte) (C. ✻).
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène) (O. ✻).
LECORNU (Léon-François-Alfred) (O. ✻).

Section III. — *Astronomie.*

WOLF (Charles-Joseph-Étienne) (O. ✻).
RADAU (Jean-Charles-Rodolphe) ✻.
DESLANDRES (Henri-Alexandre) ✻.
BIGOURDAN (Guillaume) ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin) (O. ✻).
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe).

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

GRANDIDIER (Alfred) (O. ✻).
BASSOT (Jean-Léon-Antoine) (C. ✻).
GUYOU (Émile) (C. ✻).
HATT (Philippe-Eugène) (O. ✻).
BERTIN (Louis-Émile) (C. ✻).
LALLEMAND (Jean-Pierre, dit Charles) (O. ✻).

SECTION V. — *Physique générale.*

Messieurs :

LIPPMANN (Gabriel) (C. ✻).
VIOLLE (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).
AMAGAT (Émile-Hilaire) (O. ✻).
BOUTY (Edmond-Marie-Léopold) (O. ✻).
VILLARD (Paul).
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

TROOST (Louis-Joseph) (C. ✻).
GAUTIER (Émile-Justin-Armand) (C. ✻).
LEMOINE (Georges) (O. ✻).
HALLER (Albin) (O. ✻).
LE CHATELIER (Henry-Louis) (O. ✻).
JUNGFLEISCH (Émile-Clément) (O. ✻).

SECTION VII. — *Minéralogie.*

LÉVY (Auguste-Michel) (O. ✻).
LACROIX (François-Antoine-Alfred) ✻.
BARROIS (Charles-Eugène) (O. ✻).
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand) (O. ✻).
WALLERANT (Frédéric).
TERMIER (Pierre-Marie) (O. ✻).

SECTION VIII. — *Botanique.*

BORNET (Jean-Baptiste-Édouard) (O. ✻).
GUIGNARD (Jean-Louis-Léon) (O. ✻).
BONNIER (Gaston-Eugène-Marie) ✻.
PRILLIEUX (Édouard-Ernest) (O. ✻).
ZEILLER (Charles-René) (O. ✻).
MANGIN (Louis-Alexandre) (O. ✻).

SECTION IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

SCHLŒSING (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
CHAUVEAU (Jean-Baptiste-Auguste) (G. O. ✻).
MÜNTZ (Charles-Achille) (O. ✻).
ROUX (Pierre-Paul-Émile) (C. ✻).
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile) ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie) ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

RANVIER (Louis-Antoine) (O. ✻).
PERRIER (Jean-Octave-Edmond) (C. ✻).
CHATIN (Joannès-Charles-Melchior) (O. ✻).
DELAGE (Marie-Yves) (O. ✻).
BOUVIER (Louis-Eugène) ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix) (O. ✻).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

BOUCHARD (Charles-Jacques) (G. O. ✻).
GUYON (Jean-Casimir-Félix) (C. ✻).
ARSONVAL (Arsène D') (C. ✻).
LANNELONGUE (Odilon-Marc) (C. ✻).
LAVERAN (Charles-Louis-Alphonse) (O. ✻).
DASTRE (Albert-Jules-Frank) (O. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

DARBOUX (Jean-Gaston) (G. O. ✻), pour les Sciences mathématiques.
VAN TIEGHEM (Philippe-Édouard-Léon) (C. ✻), pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ✻).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (G. O. ✻).
CAILLETET (Louis-Paul) (O. ✻).
CARNOT (Marie-Adolphe) (C. ✻).
PICARD (Alfred-Maurice) (G. C. ✻).
LABBÉ (Léon) (C. ✻).
BONAPARTE (Le prince Roland).
CARPENTIER (Jules-Adrien) (C. ✻).
TEISSERENC DE BORT (Philippe-Léon) ✻.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS (1).

LISTER (Lord), à Londres.
SUESS (Édouard), à Vienne.
HOOKER (Sir Joseph-Dalton), à Kew.
MONACO (S. A. S. Albert Ier, Prince souverain DE) (G. C. ✻).
RAYLEIGH (Lord), à Witham (Angleterre).
BAEYER (Adolf VON), à Munich.
VAN DER WAALS (Joannes-Diderki), à Amsterdam.
DEDEKIND (Julius-Wilhelm-Richard), à Brunswick.
HITTORF (Wilhelm), à Munster.
RAMSAY (Sir William), à Londres.
LANKESTER (Edwin-Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik-Ontoon), à Leyde.

---

(1) Un décret, en date du 1er décembre 1909, a porté le nombre des Associés étrangers de 8 à 12.

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

Messieurs :

SCHWARZ (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
KLEIN (Félix), à Gœttingue.
MÉRAY (Hugues-Charles-Robert) (O. ✻), à Dijon.
ZEUTHEN (Hieronymus-Georg), à Copenhague.
MITTAG-LEFFLER (Magnus-Gustaf) (O. ✻), à Stockholm.
NŒTHER (Max), à Erlangen.
VOLTERRA (Vito), à Rome.
GUICHARD (Claude), à Clermont-Ferrand.
GORDAN (Paul), à Erlangen.
N. . . . .

SECTION II. — *Mécanique* (10).

CONSIDÈRE (Armand-Gabriel) (O. ✻), à Quimper.
AMSLER (Jacob), à Schaffhouse.
VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel) (O. ✻), à Versailles.
DWELSHAUVERS-DERY (Victor-Auguste-Ernest) ✻, à Liège.
BAZIN (Henry-Émile) (O. ✻), à Chenôve (Côte-d'Or).
DUHEM (Pierre), à Bordeaux.
HOFF (Jacobus-Henricus VAN'T) ✻, à Berlin.
WITZ (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION III. — *Astronomie* (16).

LOCKYER (Sir Joseph-Norman), à Londres.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard) (O. ✻), à Marseille.
AUWERS (Arthur), à Berlin.
BACKLUND (Oskar), à Poulkova.
GILL (Sir David) (O. ✻), à Londres.

Messieurs :

BAKHUYZEN (VAN DE SANDE) (C. ✻), à Leyde.
CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
ANDRÉ (Charles-Louis-François) (O. ✻), à l'Observatoire de Lyon.
HILL (George-William), à West-Nyack, État de New-York.
WEISS (Edmund) (O. ✻), à l'Observatoire de Vienne.
PICKERING (Edward-Charles), à Cambridge (Massachusetts).
GAILLOT (J.-B.-Aimable) (✻), à La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).
TURNER (Herbert-Hall), à Oxford.
HALE (George-Ellery), à Mount Wilson (Californie).
KAPTEYN (Jacobus-Cornelius) (O. ✻), à Groningue.
N. . . . .

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
NANSEN (Fridtjof) (C. ✻), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P. Édouard-Élie), à Tananarive.
GALLIENI (Joseph-Simon) (G. O. ✻), à Saint-Raphaël (Var).
DAVIDSON (George), à San-Francisco.
DARWIN (Sir George), à Cambridge.
BRASSEY (Thomas, Lord) (C. ✻), à Londres.
ALBRECHT (Carl-Theodor), à Potsdam.
N . . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (René-Prosper) ✻, à Nancy.
MICHELSON (Albert-A.), à Chicago.
GOUY (Georges-Louis) (O. ✻), à Lyon.
BENOIT (Justin-Miranda-René) (O. ✻), à Sèvres.
CROOKES (Sir William), à Londres.
BOSSCHA (Johannes), à Heemsted, près Harlem.
BLASERNA (Pietro), à Rome.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

Messieurs :

LECOQ DE BOISBAUDRAN (Paul-Émile, dit François) ✻, à Sarrazac.
ROSCOE (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.
FISCHER (Emil), à Berlin.
SABATIER (Paul) (O. ✻), à Toulouse.
FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE) (O. ✻), à Montpellier.
HENRY (Louis), à Louvain.
LADENBURG (Albert), à Breslau.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

GOSSELET (Jules-Auguste-Alexandre) (O. ✻), à Lille.
GEIKIE (Sir Archibald), à Londres.
TSCHERMAK (Gustav), à Vienne.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien) ✻, à Lyon.
ROSENBUSCH (Harry), à Heidelberg.
ŒHLERT (Daniel) ✻, à Laval.
BRÖGGER (Wladémar-Christofer), à Christiania.
HEIM (Albert), à Zurich.
ZIRKEL (Ferdinand), à Leipzig.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid) (O. ✻), à Grenoble.

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

GRAND'EURY (François-Cyrille) ✻, à Saint-Étienne.
SCHWENDENER (Simon), à Berlin.
PFEFFER (Wilhelm-Friedrich-Philipp), à Leipzig.
STRASBURGER (Édouard), à Bonn.
WARMING (Johannes-Eugenius-Beilow), à Copenhague.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie) (O. ✻), à Montpellier.
BERTRAND (Charles-Eugène) ✻, à Lille.
BOUDIER (Jean-Louis-Émile), à Montmorency.
WIESNER (Julius), à Vienne.
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

Messieurs :

HOUZEAU (Auguste) (O. ✻), à Rouen.
ARLOING (Saturnin) (C. ✻), à Lyon.
PAGNOUL (Aimé) (O. ✻), à Arras.
GAYON (Léonard-Ulysse) (O. ✻), à Bordeaux.
WINOGRADSKI (Serge), à Saint-Pétersbourg.
YERMOLOFF (Alexis) (C. ✻), à Saint-Pétersbourg.
TISSERAND (Louis-Eugène) (G. O. ✻), à Vaucresson.
HECKEL (Édouard-Marie) (C. ✻), à Marseille.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

FABRE (Jean-Henri) (O. ✻), à Sérignan (Vaucluse).
RETZIUS (Gustave), à Stockholm.
MAUPAS (Émile-François), à Alger.
METCHNIKOFF (Élie) (O. ✻), à Sèvres.
WALDEYER (Henri-Guillaume-Godefroi), à Berlin.
SIMON (Eugène-Louis), à Lyons-la-Forêt (Eure).
PÉREZ (Jean), à Bordeaux.
FRANCOTTE (Charles-Joseph-Polydore), à Bruxelles.
AVEBURY (John Lubbock, Lord) (O. ✻), à Londres.
N. . . . .

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LÉPINE (Jacques-Raphaël) (O. ✻), à Lyon.
ZAMBACO (Démétrius-Alexandre) (O. ✻), à Constantinople.
CZERNY (Vincent-Joseph), à Heidelberg.
BACCELLI (Guido), à Rome.
CALMETTE (Léon-Charles-Albert) (O. ✻), à Lille.
MANSON (Sir Patrick), à Londres.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 JANVIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

M. ÉMILE PICARD, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1910.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1911.

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le Tome CXLVIII (1er semestre de l'année 1909) et le Tome CXLIX (2e semestre de l'année 1909) ont paru avec leurs Tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1910 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE. — Le Tome LI, texte et atlas de planches, a été mis en distribution le 2 mai 1910. Ce Tome comprend : ÉLOGES HISTORIQUES : 1° *Notice sur la vie et les travaux de Pierre Duchartre*, par M. Philippe van Tieghem; — 2° *Notice sur le général Meusnier*, par M. Gaston Darboux. — MÉMOIRES : 1° *Détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin et plus généralement une famille de surfaces à lignes de courbure planes dans les deux*

systèmes, par M. Gaston Darboux. — 2° *Second Mémoire sur la détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin*, par M. Gaston Darboux. — 3° *Mémoires et travaux de Meusnier relatifs à l'Aérostation.* — Planches : *Portrait de Meusnier.* — *Reproduction d'anciens dessins de Meusnier* (Atlas séparé).

Volume en cours de publication.

Mémoires des Savants étrangers. — Tome XXXV. Le Mémoire n° 1, dont l'auteur est M. Gabriel Kœnigs, est intitulé : *Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides*; l'impression de ce Mémoire, comprenant 27 feuilles, est entièrement terminée.

Changements survenus parmi les Membres depuis le 1er janvier 1910.

Membres décédés.

Section de Mécanique. — M. **Maurice Levy**, le 30 septembre.

Section de Physique générale. — M. **Gernez**, le 31 octobre.

Académiciens libres. — M. **Rouché**, le 19 août; M. **Jules Tannery**, le 11 novembre.

Associés étrangers. — M. **Alexandre Agassiz**, à Cambridge (Massachusetts), le 27 mars; — M. **Robert Koch**, à Berlin, le 27 mai; — M. **Schiaparelli**, à Milan, le 4 juin.

Membres élus.

Section de Mécanique. — M. **Lecornu**, le 5 décembre, en remplacement de M. Maurice Levy, décédé.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Charles Lallemand**, le 14 mars, en remplacement de M. Bouquet de la Grye, décédé.

Académicien libre. — M. **Léon Teisserenc de Bort**, le 14 novembre, en remplacement de M. Rouché, décédé.

Associés étrangers. — **Lord Rayleigh**, à Witham (Essex), le 24 janvier, en remplacement de M. Simon Newcomb, décédé; M. **Adolf von Baeyer**, à Munich, le 31 janvier, pour occuper une des places créées par le décret du 1er décembre 1909; M. **van der Waals**, à Amsterdam, le 7 février, pour occuper une des places créées par le décret du 1er décembre 1909; M. **Dede-**

KIND, à Brunswick, le 7 mars, pour une des places créées par le décret du 1er décembre 1909; M. **Hittorf**, à Munster, le 14 mars, pour occuper une des places créées par le décret du 1er décembre 1909; Sir **William Ramsay**, à Londres, le 27 juin, en remplacement de M. Alexandre Agassiz, décédé; M. **Ray Lankester**, à Londres, le 18 juillet, en remplacement de M. Robert Koch, décédé; M. **Lorentz**, à Leyde, le 28 novembre, en remplacement de M. Schiaparelli, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Physique générale. — M. **Gernez**, décédé le 31 octobre 1910.
Académicien libre. — M. **Jules Tannery**, décédé le 11 novembre 1910.

Changements survenus parmi les Correspondants depuis le 1er janvier 1910.

Correspondants élus Associés étrangers.

Section de Géométrie. — M. **Dedekind**, à Brunswick, a été élu Associé étranger le 7 mars.

Section de Physique générale. — Ont été élus Associés étrangers : Lord **Rayleigh**, à Witham (Essex), le 24 janvier; M. **van der Waals**, à Amsterdam, le 7 février; M. **Hittorf**, à Munster, le 14 mars; M. **Lorentz**, à Leyde, le 28 novembre.

Section de Chimie. — Ont été élus Associés étrangers : M. **Adolf von Baeyer**, à Munich, le 31 janvier; Sir **William Ramsay**, à Londres, le 27 juin.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Ray Lankester**, à Londres, a été élu Associé étranger, le 18 juillet.

Correspondants décédés.

Section d'Astronomie. — Sir **William Huggins**, à Londres, décédé en mai.
Section de Chimie. — M. **Cannizzaro**, à Rome, le 14 mai.
Section de Botanique. — M. **Treub**, à Saint-Raphaël, le 30 octobre.
Section d'Économie rurale. — M. **Kuehn**, à Halle, le 14 avril.
Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Armand Sabatier**, à Montpellier, le 22 décembre.
Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Ernst von Leyden**, à Berlin, le 5 octobre; M. **Mosso**, à Turin, le 24 novembre.

Correspondants élus.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Albrecht**, à Potsdam, le 21 mars, en remplacement de M. Augustin Normand, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Bosscha**, à Heemsted, le 9 mai, en remplacement de M. Crova, décédé; M. **Blaserna**, à Rome, le 17 mai, en remplacement de Lord Rayleigh, élu Associé étranger.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Pérez**, à Bordeaux, le 30 mai, en remplacement de M. Lortet, décédé; M. **Francotte**, à Bruxelles, le 21 novembre, en remplacement de M. van Beneden, décédé; Lord **Avebury**, à Londres, le 20 novembre, en remplacement de M. Ray Lankester, élu Associé étranger.

Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Patrick Manson**, à Londres, le 31 janvier, en remplacement de Sir Burdon Sanderson, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Dedekind**, à Brunswick, élu Associé étranger, le 7 mars 1910.

Section de Mécanique. — M. **Sire**, à Besançon, décédé le 12 septembre 1906; M. **Zeuner**, à Dresde, décédé le 17 octobre 1907.

Section d'Astronomie. — Sir **Williams Huggins**, à Londres, décédé en mai 1910.

Section de Géographie et Navigation. — S. A. S. **Albert Ier**, Prince souverain de Monaco, élu Associé étranger le 29 mars 1909.

Section de Physique générale. — M. **van der Waals**, à Amsterdam, élu Associé étranger, le 7 février 1910; M. **Hittorf**, à Munster, élu Associé étranger, le 14 mars 1910; M. **Lorentz**, à Leyde, élu Associé étranger, le 28 novembre 1910.

Section de Chimie. — M. **Adolf von Baeyer**, à Munich, élu Associé étranger, le 31 janvier 1910; M. **Cannizzaro**, à Rome, décédé le 14 mai 1910; Sir **William Ramsay**, à Londres, élu Associé étranger, le 27 juin 1910.

Section de Botanique. — M. **Treub**, à Saint-Raphaël, décédé le 30 octobre 1910.

Section d'Économie rurale. — M. **Fliche**, à Nancy, décédé le 29 novembre 1908; M. **Kuehn**, à Halle, décédé le 14 avril 1910.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Armand Sabatier**, à Montpellier, décédé le 22 décembre 1910.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Herrgott**, à Nancy, décédé le 4 mars 1907; M. **Engelmann**, à Berlin, décédé le 20 mai 1909; M. **Ernst von Leyden**, à Berlin, décédé le 5 octobre 1910; M. **Mosso**, à Turin, décédé le 24 novembre 1910.

PRIX FANNY EMDEN (3000fr).

Par un acte passé à la date du 9 mai 1910, Mlle Juliette de Reinach a fait donation à l'Académie des Sciences d'une somme de *cinquante mille francs*, dont les arrérages doivent servir à fonder un prix *biennal* de *trois mille francs*, portant le nom de « Fondation Fanny Emden », du nom de sa mère qui de son vivant avait exprimé le désir de fonder, en souvenir de son mari, ce prix *destiné à récompenser le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et, en général, des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.*

L'annonce de ce prix n'ayant pu figurer dans le programme de 1911, l'Académie décide que mention en sera faite aux *Comptes rendus* et que le délai pour le prix à décerner en 1911 sera reporté au 1er juin de cette année [1].

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Armand Gautier**, en prenant le fauteuil de la Présidence, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

En prenant la Présidence de cette illustre Compagnie, mon premier devoir est de vous remercier pour la marque de confiance et d'estime que vous me témoignez aujourd'hui.

---

[1] La donatrice a offert une somme supplémentaire de *trois mille francs*, une fois donnée, afin de permettre à l'Académie de mettre le prix au concours, pour la première fois, pour l'année 1911.

Je m'en sens très honoré et très reconnaissant. Mais je ne monte pas à ce fauteuil sans quelque inquiétude sur ma capacité à diriger vos débats et à défendre au besoin vos prérogatives, à l'heure surtout où des questions nouvelles vont être discutées devant l'Institut tout entier. Je m'enhardis toutefois à le faire en songeant que je n'ai qu'à me conformer à vos décisions et à prendre pour modèles mes prédécesseurs à cette place, en particulier mon très honorable et illustre ami le Président sortant, M. Émile Picard. Puissé-je toujours garder comme lui cette tranquillité d'âme et cette bonne grâce qu'il sait mettre en toutes choses. Je compte aussi pour m'aider sur nos deux savants Secrétaires perpétuels, enfin et surtout, Messieurs, sur votre bienveillance et votre bonne volonté.

Permettez-moi d'y faire tout de suite appel : nous apportons ici tous les lundis beaucoup de communications, mais toutes ne se produisent pas à la tribune; elles se font souvent sous forme de conversations privées qui troublent quelque peu le calme de nos séances. On a dit ailleurs que l'Académie est un salon; soit, mais l'Académie des Sciences doit être plutôt le lieu de réunion des savants qui veulent se faire entendre.

Ici, chaque semaine on se retrouve, on se renseigne, on recommande ses candidats. Tout cela est fort naturel, indispensable même, mais apporte un peu de trouble à la tenue de nos réunions hebdomadaires. Avec leur sentiment pratique, nos collègues, les savants de la Société Royale de Londres, ont résolu cette difficulté. Ils se réunissent une demi-heure avant l'ouverture des débats, dans une salle qui précède celle des séances. C'est là qu'ils se retrouvent, reçoivent et présentent les savants étrangers et causent entre eux des affaires de la semaine tout en prenant et offrant très aimablement le thé à leurs visiteurs. Puis, sur l'appel d'un huissier, on passe dans la salle des séances et toute conversation particulière cesse aussitôt. Permettez-moi, mes chers Confrères, d'espérer, comme le faisait déjà, dans une semblable occasion, un de nos anciens Présidents, mon ami bien regretté, Alfred Cornu, que nous pourrons peut-être organiser ici, sans de trop grandes difficultés, quelque chose de semblable. Nos discussions y gagneraient en clarté, sinon en intérêt.

Messieurs, laissez-moi, en finissant, vous renouveler encore l'expression de toute ma gratitude et permettez-moi d'y joindre les souhaits cordiaux de prospérité qu'il est d'une bonne coutume de s'adresser mutuellement au début de chaque année.

NAVIGATION. — *Lois générales du mouvement accéléré ou retardé du navire consécutif à un changement de puissance du moteur.* Note [1] de M. **Bertin**.

L'augmentation des vitesses, qui rend de plus en plus délicats les mouvements d'ensemble des navires de guerre, et le gros accroissement des déplacements, qui rend tous les navires, paquebots et cuirassés, de plus en plus lents à régler leur vitesse sur la puissance de la machine, ne permettent plus d'assimiler, comme autrefois, le mouvement du navire à celui d'un point matériel; on ne peut plus admettre que la nouvelle vitesse uniforme, correspondant à une allure nouvelle du moteur, est immédiatement atteinte. Il faut tenir compte du mouvement varié qui sépare la marche à l'ancienne vitesse V_0 de celle à la nouvelle vitesse V_1. Ses lois peuvent être étudiées expérimentalement. Elles peuvent aussi être fournies, avec une grande généralité, par l'analyse mathématique, dont il a été fait un premier usage dans la Note du 19 septembre; les formules algébriques, même considérées comme ayant une valeur purement empirique, suffiront pour permettre d'apporter les correctifs nécessaires aux anciennes règles de manœuvre et de tactique.

Trois variables se rencontrent dans le mouvement varié du navire : d'abord le temps t et l'espace parcouru x, comptés à partir du changement de puissance du moteur, de F_0 à F_1, puis la vitesse instantanée v variant entre les limites V_0 et V_1 qui sont celles des mouvements uniformes correspondant aux puissances F_0 et F_1. Des trois relations entre v et t, entre v et x, entre x et t, la dernière seule a son application dans la tactique navale.

Soient P le déplacement du navire en tonnes, Π la poussée des hélices et r la résistance de l'eau en kilogrammes; le système d'équations différentielles à résoudre est

$$(1)\qquad 1000\frac{P}{g}\frac{dv}{dt} = \Pi - r,$$

$$(2)\qquad \frac{dx}{dt} = v.$$

En appelant f la puissance variable correspondant à la vitesse v dans un mouvement uniforme, la résistance de l'eau peut être déterminée pratique-

[1] Présentée dans la séance du 27 décembre 1910.

ment, en fonction de v, par les deux équations

$$rv = u \times 75f, \tag{3}$$

$$v = M_1 \sqrt[3]{\frac{f}{P^{\frac{2}{3}}}}, \tag{4}$$

dans lesquelles u est le rendement mécanique des moteurs et propulseurs, auquel sera attribuée la valeur constante 0,65, et M_1 le coefficient usuel d'utilisation des navires, auquel sera attribuée la valeur $6 \times 0,514$, la vitesse v devant être comptée en mètres par seconde et non en nœuds. Ces équations donnent

$$r = 1,658 P^{\frac{2}{3}} v^2. \tag{5}$$

La poussée Π est variable, et le serait même si la puissance F développée par le moteur pendant la phase de mouvement varié était constante. On sait seulement que Π tend vers une limite Π_1 qui est égale à la résistance R_1 dans le mouvement uniforme avec la vitesse V_1,

$$\Pi_1 = 1,658 P^{\frac{2}{3}} V_1^2. \tag{6}$$

Pour faire usage de ces données, parmi lesquelles P, V_0, V_1 sont les seules constantes véritables, il faut, à l'hypothèse de la constance de F, u, M_1, en ajouter une relative à l'expression de Π en fonction de v. Nous supposerons successivement

$$\Pi v = \Pi_1 V_1, \tag{7}$$

$$\Pi = \Pi_1. \tag{8}$$

Ces deux expressions algébriques de Π se confondent, dans le cas particulier $\Pi_1 = 0$, ralentissement par stoppage de la machine, pour lequel, d'après la Note du 19 septembre, la longueur du parcours accompli entre les deux vitesses V_0 et v est

$$x = 141,9 P^{\frac{1}{3}} \log \frac{V_0}{v}. \tag{9}$$

I. L'hypothèse (7) est la plus plausible des deux, se présentant comme la simple application, au mouvement varié, du principe (3) accepté pour une succession de mouvements uniformes. Elle semblerait en défaut, mais seulement pendant un temps très court, lorsque, v étant nul, tout le travail

de la poussée se dépense à vaincre l'inertie, suivant l'équation

$$(10) \qquad 1000\,\frac{P}{g}\,\frac{dv}{dt}\,dx = u \times 75\,F_1\,dt,$$

qui s'applique à l'arrêt brusque par mise en marche arrière (¹), et à la mise en route, partant du repos. Pour toutes les autres circonstances du parcours, l'expérience enseigne que Π est d'autant plus grand que v est plus faible, ce qui concorde avec l'équation (7).

L'équation (1), par la substitution, à Π et à r, de leurs valeurs tirées de (5), (6) et (7), devient

$$(11) \qquad 1000\,\frac{P}{g}\,v\,\frac{dv}{dt} = 1,658\,P^{\frac{2}{3}}(V_1^3 - v^3),$$

ou, d'après l'équation (2),

$$(12) \qquad \frac{v^2\,dv}{V_1^3 - v^3} = 0,0163\,P^{\frac{1}{3}}\,dx.$$

L'intégration, qui se fait immédiatement, donne

$$(13) \qquad x = 47, \quad ^{\frac{1}{3}} \log \frac{V_1^3 - V_0^3}{V_1^3 - v^3}.$$

Cette expression de x devient, pour le cas du stoppage, avec $V_1 = 0$,

$$(9') \qquad x = 47,2\,P^{\frac{1}{3}} \log\left(\frac{V_0}{v}\right)^3 = 47,2\,P^{\frac{1}{3}} \times 3 \log \frac{V_0}{v},$$

identique à l'expression (9) ci-dessus. On étudierait le cas de la mise en route, en faisant $V_0 = 0$.

Pour appliquer la formule (13) au cas de l'arrêt par mise en marche arrière, il faut y faire $v = 0$ et y changer le signe de V_1, ce qui donne, pour le parcours D,

$$(14) \qquad D = 47,2\,P^{\frac{1}{3}} \log\left(1 - \frac{V_0^3}{V_1^3}\right).$$

Pour les deux cas d'une puissance en arrière F_1 égale, soit à la puissance en avant F_0, soit au quart de cette puissance, nous trouvons :

Premier cas, machines alternatives,

$$(15) \qquad D = 14,2\,P^{\frac{1}{3}} = 2,19\,l.$$

(¹) D'après la Note du 19 septembre, une faute d'impression a substitué dt à dx, dans cette équation appliquée au cas de l'arrêt par mise en marche arrière. Les équations (7) et (8) qui suivent sont d'ailleurs exactes.

Deuxième cas, turbines motrices,

$$D = 33,0\,P^{\frac{1}{8}} = 5,08\,l. \tag{16}$$

Ces chiffres confirment, en les accentuant, les conclusions de la Note du 19 septembre.

La très simple et commode équation (13) ne trouve malheureusement guère d'autre application que les précédentes, la vitesse instantanée v étant toujours une inconnue au cours des manœuvres.

La seconde équation, celle entre v et t, s'obtient par l'intégration de (10), qui est possible, grâce à l'identité

$$3\frac{v}{V_1^3 - v^3} = \frac{1}{V_1(V_1 - v)} + \frac{V_1 + 2v}{2V_1(V_1^2 + V_1 v + v^2)} - \frac{3}{2(V_1^2 + V_1 v + v^2)}, \tag{17}$$

et qui donne

$$t = \frac{P^{\frac{1}{3}}}{0,0489\,V_1}\left[\text{log nép.}\,\frac{(V_1 - V_0)\sqrt{V_1^2 + V_1 v + v^2}}{(V_1 - v)\sqrt{V_1^2 + V_1 V_0 + V_0^2}} + \sqrt{3}\,\text{arc tang}\,\frac{V_1 + 2v}{V_1\sqrt{3}} - \sqrt{3}\,\text{arc tang}\,\frac{V_1 + 2V_0}{V_1\sqrt{3}}\right]. \tag{18}$$

La formule (18), de même que (13), n'est pas directement applicable aux problèmes de manœuvre. Quant à la relation entre x et t, elle ne paraît pouvoir s'obtenir, ni par l'élimination de t entre les équations (13) et (18), ni par l'intégration de l'équation (13) écrite sous la forme

$$l^x = -47,2 \times 0,4343\,\frac{V_1^3 - \left(\frac{dx}{dt}\right)^3}{V_1^3 - V_0^3}. \tag{19}$$

On pourrait seulement tracer deux réseaux de courbes donnant les valeurs de x et de t en fonction en v, et en déduire des Tableaux de valeurs de x en fonction de t.

II. L'hypothèse (8) est erronée et le sens de l'erreur est connu, sinon son importance. On sait en effet que, pour une puissance donnée F_1, la poussée Π croît avec le recul et qu'elle est, par suite, d'autant plus forte que la vitesse v est plus faible. Il est possible que pour un recul égal à 2, lors du renversement de marche du moteur, la poussée atteigne $2\Pi_1$; l'hypothèse (8) devient alors tout à fait inacceptable. Dans la simple mise en route, quand le recul est égal à 1, la poussée dépasse déjà Π_1 du tiers environ. D'une

manière générale, l'erreur commise sur Π est de nature à exagérer la valeur de x en fonction de t, dans les mouvements accélérés, et à la raccourcir, dans les mouvements retardés.

L'équation différentielle, établie comme précédemment, diffère de (11) en ce que les vitesses y figurent au carré au lieu du cube; c'est

$$(20) \qquad 1000\frac{P}{g}\frac{dv}{dt} = 1,658\,P^{\frac{2}{3}}(V_1^2 - v^2).$$

Son intégrale, en x et v, est

$$(21) \qquad x = 70,78\,P^{\frac{1}{3}}\log\frac{V_1^2 - V_0^2}{V_1^2 - v^2},$$

ce qui donne, pour $V_1 = 0$,

$$(9'') \qquad x = 70,78\,P^{\frac{1}{3}} \times 2\log\frac{V_0}{v},$$

équation identique à (9) et (9'). Au contraire, la valeur du parcours D, après renversement de marche du moteur, aurait pour expression

$$(22) \qquad D = 70,78\,P^{\frac{1}{3}}\log\left(1 + \frac{V_0^2}{V_1^2}\right);$$

elle différerait notablement de (15) et de (16), ce dont il n'y aurait pas lieu d'être surpris.

L'intégrale en v, t s'obtient grâce à l'identité

$$(23) \qquad 2\frac{1}{V_1^2 - v^2} = \frac{1}{V_1}\left(\frac{1}{V_1 + v} + \frac{1}{V_1 - v}\right).$$

Posant, pour simplifier la notation,

$$(24) \qquad 0,0326\,V_1 P^{-\frac{1}{3}} = A,$$

on obtient, pour expression de v,

$$(25) \qquad v = V_1\frac{(V_1 + V_0)\,e^{At} - (V_1 - V_0)}{(V_1 + V_0)\,e^{At} + (V_1 - V_0)}.$$

Cette équation permet d'évaluer l'importance d'une cause d'erreur toujours à craindre dans la mesure des vitesses sur une base jalonnée.

La relation qu'il importe de connaître pour les applications pratiques, celle qui lie x à t, s'obtient par élimination, en écrivant (21) sous la forme

$$(21') \qquad 1 - \frac{v^2}{V_1^2} = \frac{V_1^2 - V_0^2}{V_1^2\,e^{\frac{A}{V_1}x}},$$

et en y remplaçant $\frac{v^2}{V^2}$ par sa valeur tirée de (25). L'expression de x est ainsi

$$x = -\frac{V_1}{A}\log\text{nép.}\frac{4V_1^2 e^{At}}{[(V_1+V_0)e^{At}+(V_1-V_0)]^2}; \tag{26}$$

elle s'écrit, en revenant aux logarithmes ordinaires, sous les deux formes

$$x = -70{,}78 P^{\frac{1}{3}} \log\frac{4V_1^2 e^{At}}{[(V_1+V_0)e^{At}+(V_1-V_0)]^2}, \tag{27}$$

$$x = 70{,}78 P^{\frac{1}{3}} \log\frac{[(V_1+V_0)e^{At}+(V_1-V_0)]^2}{4V_1^2 e^{At}}. \tag{27'}$$

L'expression de x peut aussi s'obtenir par l'intégration directe de l'équation (21), mise sous la forme

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = V_1^2 - (V_1^2 - V_0^2)\,e^{-\frac{A}{V_1}x}. \tag{28}$$

Il suffit, pour cela, d'introduire la variable auxiliaire y, telle que

$$y^2 = \frac{V_1^2 - (V_1^2 - V_0^2)\,e^{-\frac{A}{V_1}x}}{V_1^2}.$$

L'équation (28) devient ainsi

$$dt = \frac{2}{A}\frac{dy}{1-y^2}$$

et donne, en intégrant,

$$t = -\frac{1}{A}\log\text{nép.}\frac{y+1}{y-1} + \text{const.},$$

d'où, en remplaçant y par sa valeur,

$$\text{const.} = \frac{1}{A}\log\text{nép.}\frac{V_1-V_0}{V_1+V_0},$$

$$t = \frac{1}{A}\log\text{nép.}\frac{V_1 - \sqrt{V_1^2 + (V_1^2 - V_0^2)\,e^{-\frac{A}{V_1}x}}}{V_1 + \sqrt{V_1^2 + (V_1^2 - V_0^2)\,e^{-\frac{A}{V_1}x}}}\,\frac{V_1+V_0}{V_1-V_0}. \tag{29}$$

Cette équation peut s'écrire

$$\left(1 - \frac{V_0^2}{V_1^2}\right)e^{-\frac{A}{V_1}x} = 1 - \left[\frac{(V_1+V_0)e^{At} - (V_1-V_0)}{(V_1+V_0)e^{At} + (V_1-V_0)}\right]^2,$$

et finalement

$$x = -\frac{V_1}{A}\log\text{nép.}\frac{4V_1^2 e^{At}}{[(V_1+V_0)e^{At}+(V_1-V_0)]^2}. \tag{26}$$

Cette vérification n'était pas superflue, après des calculs algébriques passablement compliqués. L'équation (29) peut d'ailleurs être bonne à connaître.

Les premières applications numériques, pour lesquelles l'équation (26) a été adoptée, ont fait voir que $V_1 - V_0$ ne dépasse pratiquement guère le dixième de $(V_1 + V_0)e^{At}$ et qu'il descend parfois au-dessous du centième de ce terme principal. Si l'on néglige $(V_1 - V_0)$ dans le numérateur de (27'), la valeur de x prend la forme très simple, exacte quand t devient infini,

$$x = V_1 t - 141,56 P^{\frac{1}{3}} \log \frac{2 V_1}{V_1 + V_0}, \tag{30}$$

qui met bien en évidence l'erreur commise par la confusion faite entre x et $V_1 t$, dans les vieux règlements de tactique. A la mise en route, pour $V_0 = 0$, on aurait

$$V_1 t - x = 42,6 P^{\frac{1}{3}}. \tag{31}$$

ce qui ferait 1046^{m} pour les cuirassés du type *Patrie*.

La formule (27) se prête d'ailleurs elle-même aux applications numériques. Elle permet de calculer toutes les données utiles à la solution des problèmes de tactique, par exemple toutes les distances parcourues, de minute en minute, pendant les phases de mouvement accéléré ou ralenti qui suivent le changement d'allure du moteur, ou les différences entre ces distances et $60 V_1$. L'importance de semblables résultats est suffisante pour que les calculs ne semblent pas trop laborieux.

Reste à déterminer le degré d'approximation d'une formule reposant sur des bases aussi hypothétiques que nous l'avons indiqué. Très heureusement, il peut dès à présent s'évaluer à l'aide de relevés d'expérience obtenus récemment, pour les cuirassés du type *Patrie*, par un des marins qui jouissent de la réputation de manœuvrier la mieux établie. Dans le changement de vitesse, pour passer de 10 à 14 nœuds, la distance parcourue dans les cinq premières minutes est 2042^{m} d'après la formule (26), 1983^{m} d'après l'observation. Quand on part de 6 nœuds pour atteindre 14 nœuds, les parcours, pendant la même durée de 5 minutes, sont un peu plus différents l'un de l'autre : 1686^{m} d'après la formule, 1486^{m} d'après l'expérience. Enfin si le navire part du repos pour donner 10 nœuds, les deux chiffres, pour les six premières minutes du parcours, sont respectivement 1106^{m} et 980^{m}. Ainsi se vérifie, au milieu d'une concordance très acceptable, la tendance prévue de la formule à donner pour x des valeurs trop fortes

quand le mouvement du navire est accéléré. Dans le mouvement retardé faisant passer de 14 à 6 nœuds, les valeurs de x, pour les cinq premières minutes, sont 1509^{m} d'après la formule et 1600^{m} d'après l'observation.

L'exactitude un peu inattendue, que la formule (26) paraît ainsi présenter pour des vitesses v variant entre des limites très étendues, trouverait une explication assez plausible dans l'effet contraire des deux principales erreurs qui ont été commises en l'établissant, celle de la constance de la poussée Π des hélices et celle de la constance du rendement mécanique u, pris égal à 0,65 dans tous les cas.

M. **Pierre Termier**, présentant, en son nom et au nom de M. Albert Heim, Correspondant de l'Académie, la *Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander*, dressée par M. Maurice Lugeon, s'exprime en ces termes :

Cette Carte, publiée tout récemment par la Commission géologique suisse que préside M. Heim, est à l'échelle de $\frac{1}{50000}$ et fait partie, sous le numéro 60, de la livraison XXX (nouvelle série) des *Matériaux de la Carte géologique de la Suisse*. Gravée et imprimée en couleurs sur un report de l'admirable Atlas topographique que tout le monde connaît, elle est, quant à la précision de la gravure, quant au choix des couleurs et des figurés, quant à la transparence des teintes et à l'exactitude du repérage, d'une perfection inimitable. Et, si on la considère du point de vue géologique, c'est un véritable chef-d'œuvre.

M. Maurice Lugeon, qui a eu autrefois la bonne fortune d'être, successivement, l'élève de M. Heim et le disciple de notre regretté Marcel Bertrand, et qui, le premier, en 1901, a montré que les Alpes suisses sont formées des ruines d'un immense *empilement de nappes*, M. Maurice Lugeon y a travaillé onze années. La Carte embrasse une vaste région des Alpes bernoises, depuis le bord oriental du massif des Diablerets, à l'Ouest, jusqu'au commencement du massif de l'Aar, à l'Est. Au Sud, elle est bornée par le Rhône; au Nord, par la région déprimée de Gsteig et de Lenk qui sert de limite entre les Hautes-Alpes calcaires et les Préalpes. Le massif du Wildstrubel occupe le centre de la feuille. Les terrains géologiques prépondérants sont le Jurassique, le Crétacé, le Nummulitique; et le faciès de ces terrains varie d'une nappe à l'autre. Le Trias apparaît çà et là à la base des nappes. Le granite et les schistes cristallins surgissent seulement sur le bord est de la feuille, là où le massif de l'Aar sort, à la façon d'un dôme, de dessous le paquet des nappes empilées. Enfin, dans la vallée du Rhône, on

voit un peu de Carbonifère, et aussi toute une bande de calcschistes micacés (*schistes lustrés*) qui sont des terrains secondaires à facies métamorphique.

La structure est d'une extrême complication et personne, avant M. Lugeon, ne l'avait comprise, pas même dans ses grandes lignes. Sur la voûte du massif cristallin de l'Aar, qui s'enfonce ou *s'ennoie* vers l'Ouest, reposent deux ou trois nappes superposées, présentant elles-mêmes des replis plus ou moins nombreux : par exemple, à l'Est, la nappe du Balmhorn et, sur celle-ci, la nappe du Wildstrubel; ou encore, plus à l'Ouest, et de bas en haut, les trois nappes de Morcles, des Diablerets et du Wildhorn, cette dernière se confondant avec la nappe du Wildstrubel. Ce système, ou ce paquet, de deux ou de trois nappes s'enfonce, au Nord, sous les nappes des Préalpes : et les Préalpes *flottent* ainsi sur les nappes des Hautes-Alpes calcaires, et proviennent d'une région située au sud de ces Hautes-Alpes.

La vallée du Rhône est encore plus complexe. On y voit d'abord, extraordinairement serrées, les *racines* des nappes des Hautes-Alpes calcaires. Puis vient, au sud de ce faisceau de racines, la bande des *schistes lustrés* qui paraît être, non pas la racine d'une nappe des Préalpes, mais un simple témoin, pincé dans un synclinal secondaire, d'une nappe d'origine plus méridionale, liée aux nappes des Alpes pennines.

Jamais encore la structure en nappes superposées, ou en plis couchés superposés, qui semble être maintenant la structure normale de toute la chaîne alpine, n'avait été rendue aussi évidente, aussi saisissante, que dans cette magnifique représentation d'une partie des Alpes bernoises : et je crois pouvoir dire que la publication de la carte de M. Lugeon fera époque dans l'histoire de nos théories orogéniques, comme a fait époque, déjà, l'apparition en 1901 du Mémoire de cet auteur sur les grandes nappes des Alpes suisses.

THERMOCHIMIE. — *Étude thermochimique de quelques composés binaires des métaux alcalins et alcalino-terreux.* Note [1] de M. DE **FORCRAND**.

Les données thermochimiques relatives à l'action des métaux alcalins et alcalino-terreux sur la plupart des métalloïdes sont déjà assez nombreuses pour rendre des services dans beaucoup de cas particuliers. Mais lorsqu'on cherche à faire des comparaisons entre les groupes et entre les différents termes de chaque groupe, on se trouve généralement empêché par l'existence de lacunes plus ou moins nombreuses.

---

[1] Reçue dans la séance du 27 décembre 1910.

M'étant proposé de comparer à ce point de vue les halogénures et les oxydes de ces métaux, j'ai dû déterminer au préalable un certain nombre de données qui manquaient encore, ou qui étaient mal connues, savoir :

			Cal
Chaleur de dissolution de	CaI^2	anhydre et pur.........	+ 28,12
»	LiF	»	− 1,04
»	RbCl	»	− 4,50
»	RbBr	»	− 5,96
»	RbI	»	− 6,50
»	RbF	»	+ 5,80
»	CsCl	»	− 4,68
»	CsBr	»	− 6,73
»	CsI	»	− 8,25
»	CsF	»	+ 8,37

J'ai en outre introduit dans mes calculs les résultats obtenus récemment par M. Rengade pour la dissolution des métaux alcalins et de leurs protoxydes, les données de M. Guntz sur la dissolution du lithium et des métaux alcalino-terreux, les valeurs que j'ai fait connaître pour la dissolution des protoxydes de lithium et des métaux alcalino-terreux ainsi que d'autres nombres plus anciennement publiés (Berthelot, Thomsen, Bodisko, Petersen, Guntz, Tassilly).

Enfin j'ai corrigé tous les résultats relatifs au lithium en raison du poids atomique nouvellement adopté (6,94 au lieu de 7), et, après revision de tous les calculs, j'ai pu dresser le Tableau suivant :

	Chlorures.		Bromures.		Iodures.		Fluorures.		Oxydes.	
$\frac{Ca}{2}$..	+ 8,74 + 95,22	+103,96	+ 12,26 + 84,60	+96,86	+14,06 +70,50	+84,56	− 1,35 +119,59	+118,24	+ 9,06 +76,00	+85,06
Li..	+ 8,37 + 97,04	+105,41	+ 11,25 + 87,06	+98,31	+14,76 +71,25	+86,01	− 1,04 +119,98	+118,94	+15,38 +71,40	+86,78
$\frac{Sr}{2}$..	+ 5,57 + 97,83	+103,40	+ 8,05 − 88,25	+96,30	+10,25 +73,75	+84,00	− 1,05 +118,51	+117,46	+14,88 +69,82	+84,70
$\frac{Ba}{2}$..	+ 0,96 + 98,54	+ 99,50	+ 2,49 + 89,91	+92,40	+ 5,15 +74,95	+80,10	− 0,95 +114,29	+113,34	+17,82 +62,93	+80,75
Na.	− 1,26 + 98,56	+ 97,22	− 0,30 + 90,45	+90,15	+ 1,30 +76,50	+77,80	− 0,60 +111,40	+110,80	+28,25 +50,35	+78,60
K..	− 4,40 +104,05	+ 99,65	+ 5,08 + 97,48	+92,40	− 5,11 +85,21	+80,10	+ 3,60 +109,30	+112,90	+37,50 +43,40	+80,90
Rb.	− 4,50 +105,00	+100,50	− 5,96 + 99,21	+93,25	− 6,50 +87,45	+80,95	+ 5,80 +107,85	+113,75	+40,00 +41,75	+81,75
Cs..	− 4,68 +106,38	+101,70	− 6,73 +101,18	+94,45	− 8,25 +90,40	+82,15	+ 8,37 +106,58	+114,95	+41,60 +41,35	+82,95

Ce Tableau doit être lu de la manière suivante :

1° Tous les nombres représentent des grandes calories et sont rapportés au poids en grammes donné par les symboles : soit $20^g,05$ pour $\frac{Ca}{2}$, $6^g,94$ pour Li, etc., c'est-à-dire à une *valence-gramme*.

2° Le premier de chaque série de trois nombres, soit + 8,74, est la chaleur de dissolution (vers +15°) du composé; le second, tel que + 95,22, est la chaleur de formation, rapportée à l'état solide du métal et à l'état gazeux du métalloïde, pour la combinaison solide; le troisième, qui est la somme des deux autres, est la chaleur de formation de la combinaison dissoute (dissolution très étendue).

Quant à l'ordre que j'ai suivi, il me paraît justifié par les considérations qui suivent.

Remarques. — 1° *Chaleurs de dissolution.* — Ce sont les premiers nombres.

Pour le même métal, les nombres augmentent régulièrement de MCl à MI jusqu'au sodium; ils diminuent pour les trois derniers métaux.

La chaleur de dissolution du bromure, toujours intermédiaire entre celles des deux autres halogénures, n'est jamais exactement la moyenne.

La valeur donnée par le fluorure s'écarte toujours beaucoup des précédentes; d'abord négative et très faible pour le calcium, elle devient comparable pour Na et beaucoup plus élevée pour les autres métaux alcalins.

La chaleur de dissolution des oxydes se fait remarquer par sa valeur positive très grande.

Pour le même métalloïde, il y a d'abord décroissance régulière du calcium au cæsium, dans les trois premières colonnes, puis augmentation progressive dans les deux autres ([1]).

Le rubidium donne des valeurs qui sont presque exactement, dans chaque cas, la moyenne entre celles fournies par K et par Cs. Pour le strontium, comparé au calcium et au baryum, la même relation apparaît encore, mais moins nettement.

Le lithium se rapproche du calcium dans les trois premières colonnes, du strontium dans les deux autres.

Le sodium est manifestement un élément de transition.

2° *Chaleur de formation du composé solide.* — Ce sont les seconds nombres de chaque série.

Pour le même métal, il y a décroissance du chlore à l'iode. Le bromure ne fournit d'ailleurs jamais un nombre qui serait exactement la moyenne

---

([1]) Sauf de petits écarts, vraiment très faibles, pour le lithium.

entre les deux autres; il se rapproche plutôt du chlorure; mais l'écart, faible d'abord, s'accentue peu à peu, et devient très notable pour le cæsium.

Pour les fluorures, les nombres sont très élevés. A remarquer l'identité des deux valeurs : Cs + Cl et Cs + F.

Les oxydes sont en général beaucoup moins stables, sauf pour le calcium. A remarquer encore l'identité des nombres fournis par Li + I et Li + $\frac{O}{2}$.

Pour le même métalloïde, il y a augmentation régulière du calcium au cæsium dans les trois premières colonnes, diminution dans les deux autres [1].

Le rubidium donne encore des nombres qui sont presque exactement la moyenne entre ceux fournis par K et Cs.

3° *Chaleur de formation du composé dissous.* — Ce sont les troisièmes nombres. Pour le même métal, les valeurs décroissent du chlore à l'iode. Celles relatives aux fluorures sont beaucoup plus grandes. Les valeurs que donnent les oxydes sont tout à fait voisines de celles des iodures.

Pour le même métalloïde, on remarque une décroissance progressive, d'abord [2] avec une valeur minima pour Na, et ensuite une augmentation régulière de Na à Cs.

4° *Conséquences pratiques.* — Le Tableau précédent indique dans quel ordre les métaux et métalloïdes qui y figurent peuvent se remplacer.

Le fluor se substitue au chlore, lequel remplace le brome, lequel chasse l'iode de ses combinaisons, aussi bien en l'absence de l'eau qu'en présence de l'eau. L'oxygène ne peut agir, à sec, que sur l'iodure de calcium ; il peut déplacer l'iode de tous les iodures dissous.

Quant aux métaux, l'ordre du Tableau est tel que, en l'absence de l'eau, chacun doit être déplacé par ceux qui le suivent dans les chlorures, bromures et iodures. Pour les fluorures et les oxydes, c'est la règle inverse.

Telles sont, du moins, les principales prévisions qui se déduisent de notre Tableau, en appliquant à ces données le « principe du travail maximum » de Berthelot.

En fait, certaines réactions, réellement effectuées, sont bien d'accord avec ces prévisions; telle est la préparation du calcium par l'action de son iodure sur le sodium, expérience faite déjà en 1858 par Liès-Bodart

---

(1) Sauf encore un écart, toujours très faible, pour le fluorure de lithium.

(2) Abstraction faite du lithium, qui, à ce point de vue, est toujours exceptionnel.

et Jobin, et perfectionnée en 1899 par Moissan. On dispose ici d'une différence positive de 76,5 — 70,5, soit $+6^{Cal}$, en faveur de l'isolement du calcium.

Mais on sait qu'il en est autrement dans d'autres réactions.

C'est ainsi que, contrairement à la règle thermochimique, le brome peut remplacer *partiellement* le chlore dans les chlorures *à haute température*, et l'on sait que ces expériences donnèrent lieu à de longues discussions, vers 1880, entre Berthelot et Potilitzin.

C'est ainsi encore que Moissan d'abord, puis MM. Hackspill, Rengade, Guntz, ont montré que le calcium, vers 600°, réagit sur les chlorures de sodium, de potassium, de rubidium et de cæsium, en isolant le métal alcalin, *dans le vide*. Ces substitutions correspondraient à des *absorptions* de chaleur égales respectivement à

$$-3^{Cal},33, \quad -8^{Cal},83, \quad -9^{Cal},78 \quad -11^{Cal},16,$$

en prenant pour bases les nombres de notre Tableau.

La possibilité d'obtenir ainsi le cæsium est particulièrement remarquable, puisque l'absorption de chaleur serait de $-11^{Cal},16$ et que d'ailleurs le rendement est voisin du rendement théorique, ce qui exclut l'hypothèse de la formation d'un sel double.

Pour discuter de plus près de pareilles anomalies, il faudrait connaître à la fois la chaleur de fusion des deux métaux opposés et de leurs chlorures, et aussi la variation des chaleurs spécifiques des termes de la réaction. Par là seulement on saurait ce que deviennent vers 500° ou 600° les chaleurs de formation inscrites dans nos Tableaux, lesquelles n'ont de valeur que pour la température ordinaire, et, par suite, si la règle du travail maximum de Berthelot est ou n'est pas applicable à de semblables réactions.

CORRESPONDANCE.

M. Landouzy prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Jules Tannery*.

M. Gustave Martin adresse des remercîments, en son nom et au nom de ses collaborateurs, MM. *Lebœuf*, actuellement en Nouvelle-Calédonie, et *Roubaud*, en service au Dahomey, pour la distinction que l'Académie a accordée à leurs travaux.

M. **Alphonse Berget** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait et les travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le Fonds Bonaparte en 1909.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Magyar Tudományos Akádémia. *Prix Bolyai : Procès-verbal des séances de la Commission internationale de* 1910. *Rapport par* Henri Poincaré.

2° Ole Römers *Adversaria, med understöttelse af Carlsbergfondet udgivne af det* Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, *ved* Thyra Eibe *og* Kirstine Meyer (F. Bjerrum).

3° *Bulletin of the* Bureau of Fisheries, Vol. XXVIII, 1908.

ASTRONOMIE. — *Sur un régulateur rotatif à vitesse fixe ou variable.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. P. Appell.

Dans les appareils rotatifs utilisés en Astronomie comme instruments auxiliaires, tels que : mouvements de chronographes ou de micromètres enregistreurs, mouvements d'équatoriaux à vision directe ou photographiques, la vitesse de rotation doit être maintenue constante avec la plus grande précision. Aussi les régulateurs de vitesse employés doivent-ils être d'une extrême sensibilité. De plus, certains de ces appareils, comme les mouvements de micromètres enregistreurs, doivent comporter des changements continus de vitesse correspondant aux diverses déclinaisons. Dans les équatoriaux même, il serait utile de pouvoir varier, mais dans une très faible mesure, la vitesse du mouvement d'entraînement de manière à « suivre » avec plus de facilité l'image de certains astres à mouvement connu, tels que planètes et comètes.

Les régulateurs les plus sensibles, et ceci s'applique au réglage des phénomènes les plus divers, sont ceux qu'on pourrait appeler à *équilibre indifférent* sous le régime normal et *instable* vis-à-vis des écarts infiniment petits à ce régime. Sous le régime normal, le régulateur étant en équilibre indifférent prend à chaque instant la position ou la forme qui, en dépendance avec la puissance du moteur et en tenant compte des résistances variables, convient à ce régime normal. Mais si l'élément à régler (ici la vitesse angulaire ω) variait d'une quantité infiniment petite $d\omega$, et si cette

variation subsistait tant soit peu, il n'y aurait plus de position d'équilibre

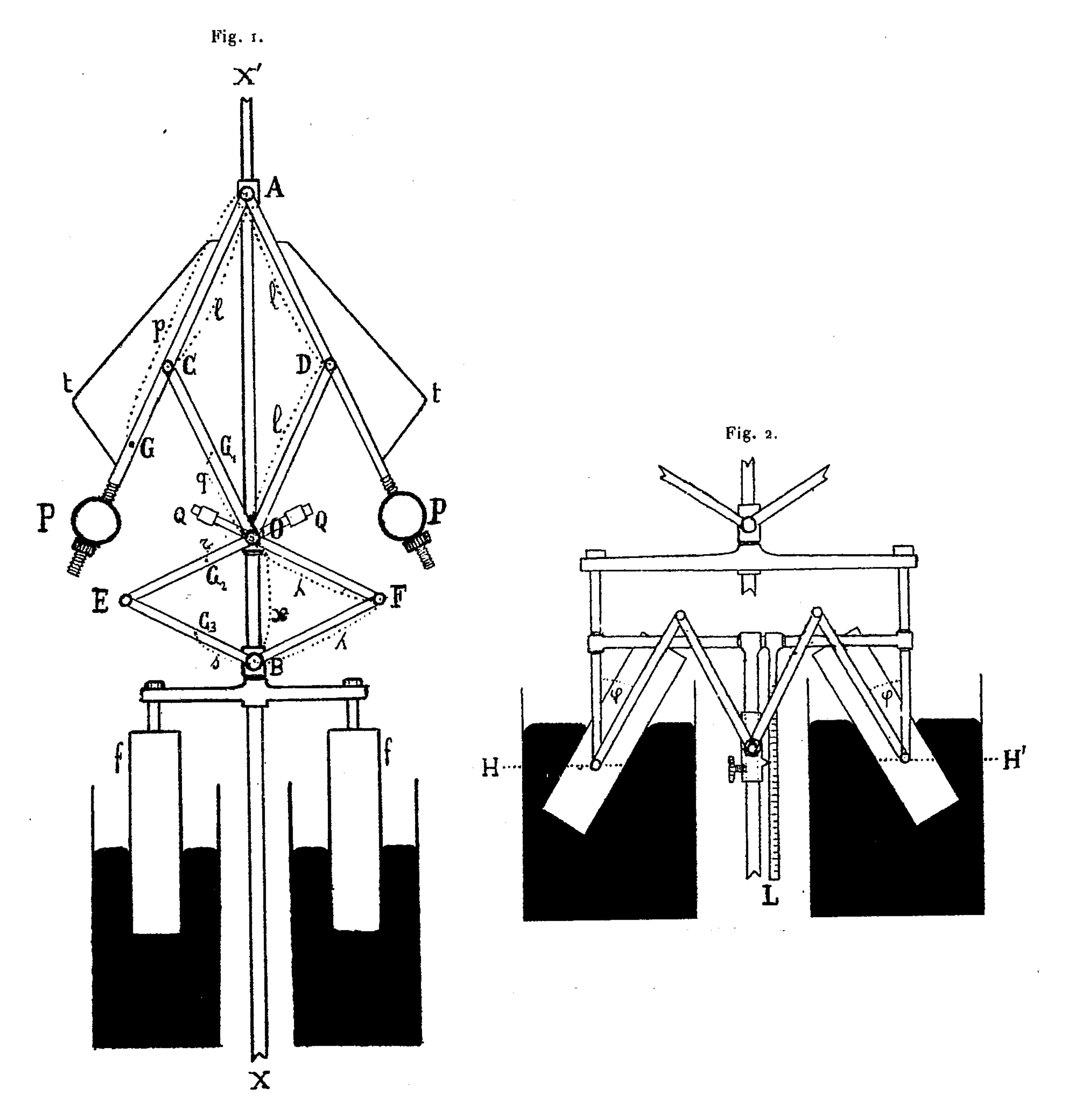


Fig. 1.

Fig. 2.

pour le régulateur; sa déformation, ou le déplacement de ses organes, serait

théoriquement illimitée; cette déformation ou bien (suivant le signe de $d\omega$) réduirait à zéro la puissance du moteur, ou bien la laisserait augmenter jusqu'à son extrême limite. On conçoit dès lors qu'un tel régulateur réagisse avec la plus grande énergie contre les moindres écarts au régime normal.

Sur ce principe est basé le régulateur rotatif à ailettes de Foucault. La résistance variable de l'air sur les ailettes est sous la dépendance du régulateur; par l'effet de ce dernier elle équilibre à chaque instant, avec les résistances variables de frottement, la puissance plus ou moins constante du moteur.

Je me propose, dans cette Note, de faire connaître un système de régulateur qui, bien que basé sur un principe analogue, est d'une construction aussi simple et d'une précision plus grande. De plus il peut être réglé *facilement, même en marche*, pour toutes les vitesses, ce qui en permet l'application dans les mouvements de micromètres enregistreurs pour les lunettes méridiennes et aussi dans les mouvements à vitesses peu variables des équatoriaux.

Soit OXX' l'axe de rotation entraînant le système ACDOEFB représenté sur la figure 1; le collier O est invariablement fixé sur l'axe, les colliers A et B peuvent glisser à frottement doux le long du même axe. Les tiges CO, OE forment une même pièce *coudée à angle droit en* O où elle est articulée au collier fixe O. Du reste, la pièce invariable COE pourrait avoir une forme différente; il suffit que l'angle COE soit droit. La pièce DOF est symétrique de COE. Nous désignons par G, G_1, G_2, G_3 les centres de gravité des pièces AP (y compris le poids P), CO, OE, EB; par M, m, μ, ν leurs masses. Les dimensions sont inscrites sur la figure 1. Enfin ε désigne la masse du collier A.

Supposons le système animé d'une vitesse uniforme de rotation ω. Calculons la force verticale R (appliquée de bas en haut) qui doit s'exercer sur le collier B, pour équilibrer les forces centrifuges et la pesanteur agissant sur le système considéré.

En appliquant le principe des vitesses virtuelles, on obtient immédiatement, en désignant par x la distance OB,

$$\mathrm{R} = \omega^2 \frac{(\mathrm{M}p^2 + mq^2 - \mu r^2 - \nu s^2)}{4\lambda^2} x + \frac{[\mu r + \nu(2\lambda - s)]}{2\lambda} g + \frac{x}{\sqrt{4\lambda^2 - x^2}} \frac{[\mathrm{M}(2l - p) + mq + 2\varepsilon l]}{2\lambda} g.$$

Déterminons les éléments des pièces de manière que les deux derniers termes soient nuls, c'est-à-dire

$$(1) \qquad p = 2l + \frac{mq + 2\varepsilon l}{\mathrm{M}},$$

$$(2) \qquad r = -\frac{\nu(2\lambda - s)}{\mu};$$

conditions faciles à réaliser et à parfaire au moyen des masses mobiles P, Q. L'expression de R prend alors la forme

$$R = A\omega^2 x.$$

On peut réaliser matériellement R en transmettant au collier B la poussée verticale de deux flotteurs f, f immergés dans du mercure et susceptibles d'un seul déplacement vertical. Cette poussée, étant une fonction linéaire de x, peut être rendue exactement égale à $A\omega^2 x$.

Si l'on désire uniquement réaliser une seule vitesse donnée ω, les flotteurs peuvent affecter une forme invariable comme dans la figure 1 ; du reste, dans ce cas, la condition (2) n'est pas nécessaire, et les masses Q peuvent être supprimées.

Mais on peut aisément, en disposant les flotteurs comme dans la figure 2 de manière à pouvoir les incliner d'un angle variable φ, régler l'appareil pour différentes vitesses. Le plan HH' des articulations des flotteurs étant disposé (ce qu'on peut faire aisément en ajoutant ou retirant du mercure) de manière que lorsque le liquide affleure suivant H, H', x soit égale à zéro, la poussée est alors de la forme $\frac{ax}{\cos\varphi}$. La vitesse de régime correspondante pour le régulateur est donnée par $\omega = \sqrt{\frac{a}{A\cos\varphi}}$. Une échelle divisée L permettra de régler facilement l'appareil pour la vitesse qu'on désire, sans avoir même à l'arrêter.

Pour que l'appareil fonctionne toujours sensiblement dans les mêmes limites de sa construction, il sera avantageux de pouvoir donner d'abord approximativement au moteur la puissance qui convient au régime ω, puis de régler le régulateur pour cette vitesse ω.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences* W. Note de M. G. Tzitzéica.

Le théorème de M. Darboux, que j'ai démontré dans ma dernière Note (¹), permet de remplacer l'étude des congruences W de notre espace à 3 dimensions par celle des réseaux conjugués situés sur la variété quadratique Γ à 4 dimensions, ayant pour équation

$$\omega(x) = \Sigma a_{ik} x_i x_k = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, 6)$$

de l'espace linéaire S_5 à 5 dimensions.

1. Soit (x) un réseau conjugué tracé sur Γ et (xx') une congruence

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, p. 971.

conjuguée à ce réseau. La droite xx' coupe Γ de nouveau en $\bar{x}$. Je dis que ce point décrit un réseau conjugué $(\bar{x})$.

Soit en effet

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u\,\partial v} + a\frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v} + cx = 0$$

l'équation de Laplace qui correspond au réseau (x) et supposons que x' soit un des foyers du rayon xx' de la congruence (xx'). Les coordonnées x_i et x'_i de x et x' vérifient le système suivant :

$$(2) \qquad \frac{\partial x'}{\partial u} = x\left(\frac{\partial \mu}{\partial u} - b\mu\right), \qquad \frac{\partial x'}{\partial v} = \mu\left(\frac{\partial x}{\partial v} + ax\right),$$

μ étant une solution de l'adjointe de (1). Si l'on pose

$$X = \omega(x \mid x'), \qquad 2X' = \omega(x'),$$

on démontre que X est une solution de (1) et que X' est la solution de (2) qui correspond à X (Drach, *Bulletin des Sciences*, 1897, p. 140). Enfin, comme on peut prendre pour les coordonnées de $\bar{x}$,

$$\bar{x}_i = X'x_i - Xx'_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6),$$

il en résulte (Drach, *loc. cit.*, p. 144) que ce point décrit bien un réseau conjugué.

2. Ce théorème constitue une généralisation d'un théorème connu de Ribaucour (Darboux, *Théorie des surfaces*, t. II, p. 289). C'est en même temps une transformation des congruences W. Or il existe deux congruences (xyz) et $(xy'z')$ conjuguées à (x) et formées par des génératrices rectilignes de Γ (voir ma Note déjà citée).

Considérons le plan des droites xx' et xyz; il enveloppe un réseau conjugué (t) harmonique aux congruences (xyz) et (xx'). Le même plan coupe Γ suivant deux droites : l'une est xyz; l'autre, $\overline{xyz}$, passera évidemment par $\bar{x}$. Cette dernière droite, $\overline{xyz}$, décrit une des congruences conjuguées au réseau $(\bar{x})$ et formée par des génératrices de Γ.

De sorte que les deux rayons $\overline{xyz}$ et $\overline{xy'z'}$ de ces deux congruences rencontrent les deux rayons xyz et $xy'z'$ des congruences (xyz) et $(xy'z')$ en deux points ξ et ξ', qui décrivent évidemment des réseaux conjugués.

Par conséquent, la transformation qui nous fait passer du réseau (x) au réseau $(\bar{x})$ nous conduit en même temps à deux réseaux nouveaux (ξ) et (ξ').

3. Il est aisé de voir ce que donnent les considérations précédentes pour notre espace. On aura 4 congruences W ayant seulement 4 surfaces focales différentes, parce que les congruences qui correspondent aux réseaux (x) et (ξ), par exemple, ont une même surface focale.

Si l'on remarque maintenant que, à l'aide des congruences (xx') et (xyx) conjuguées au même réseau (x), on peut déduire une simple infinité de congruences toujours coujuguées à (x), dont les rayons coupent Γ suivant le réseau (x) et suivant une infinité de réseaux décrits par des points situés sur $\overline{xyz}$, on a aisément le théorème suivant de M. Bianchi :

Si l'on considère deux congruences W *ayant une même surface focale* S *et si* S_1 *et* S_2 *sont les deux autres surfaces focales de ces congruences, il existe une simple infinité de surfaces* S' *qui soient avec* S_1 *et* S_2 *les surfaces focales d'un couple de congruences* W *analogue à celui d'où nous sommes partis.*

4. Soient M_1, M_2, M' les points des surfaces S_1, S_2, S' qui correspondent au point M de S. A la tangente MT menée à l'une des lignes asymptotiques de S qui se croisent en M correspondront les tangentes M_1T_1, M_2T_2 et $M'T'$ aux lignes asymptotiques correspondantes de S_1, S_2 et S'. J'ai démontré que les quatre droites MT, M_1T_1, M_2T_2 et $M'T'$ sont les génératrices rectilignes d'une même quadrique. Par conséquent, lorsque S' varie, $M'T'$ décrit la série linéaire définie par MT, M_1T_1 et M_2T_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des fonctions symétriques.* Note de M. **Michel de Domeczky**, présentée par M. Jordan.

Les fonctions symétriques les plus distinguées sont les sommes des puissances des variables $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$, nommées *les sommes de Newton.* Soit

$$s_\lambda = x_1^\lambda + x_2^\lambda + \ldots + x_n^\lambda.$$

Soient les fonctions symétriques élémentaires désignées de la manière suivante :

$$\Sigma x_1 x_2 x_3 \ldots x_r = (-1)^r a_r.$$

On sait que toute fonction symétrique rationnelle entière des variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ s'exprime comme une fonction algébrique entière des fonctions symétriques élémentaires

$$\Sigma A x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \ldots x_n^{\alpha_n} = \Phi(a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n) = c a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega + \ldots.$$

On peut construire la fonction s_λ d'après les lois de Cayley, nommées *la loi de degré* et *la loi de poids* littéralement, c'est-à-dire sauf les coeffi-

cients c. Le degré de Φ, en $a_1, a_2, \ldots, a_n$ est λ, le poids de chacun des termes $r\alpha + s\beta + t\lambda + \ldots + u\omega$ est égal à λ. Ce nombre λ est nommé *le poids* de la fonction symétrique s_λ.

Nous allons démontrer qu'on peut déterminer non seulement les termes de s_λ, mais aussi les coefficients.

On connaît la formule suivante :

$$(1) \qquad s_\lambda = -a_1 s_{\lambda-1} - a_2 s_{\lambda-2} - \ldots - a_i s_{\lambda-i} - \ldots - a_{\lambda-1} s_1 - \lambda a_\lambda,$$

d'où

$$(2) \qquad s_1 = -a_1,$$

$$(3) \qquad s_2 = a_1^2 - 2a_2,$$

$$(4) \qquad s_\lambda = c a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega + \ldots.$$

On voit tout d'abord que le signe du coefficient c est positif quand la somme $\alpha + \beta + \gamma + \ldots + \omega$, c'est-à-dire le nombre des facteurs en $a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega$ est pair; le signe de c est négatif quand ce nombre est impair.

J'appelle cette loi *la loi de signe*.

On prouve cette loi aisément par la formule (1). Si cette loi est vraie pour les cas $s_1, s_2, \ldots, s_{\lambda-1}$, elle doit être aussi vraie, d'après la formule (1) pour s_λ; mais si elle est vraie pour s_1, s_2, elle est donc généralement vraie.

Je désigne la valeur absolue du coefficient du terme $a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega$ de la manière suivante :

$$(a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega).$$

On prouve facilement par la formule (1) :

$$(a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega) = (a_r^{\alpha-1} a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^\omega) + (a_r^\alpha a_s^{\beta-1} a_t^\gamma \ldots a_n^\omega) + (a_r^\alpha a_s^\beta a_t^{\gamma-1} \ldots a_n^\omega) + \ldots + (a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma \ldots a_n^{\omega-1}).$$

J'appelle cette loi *la loi de réduction*.

D'après la loi de réduction, on peut calculer aisément la valeur absolue des coefficients des termes de s_λ.

On trouve :

$$(5) \qquad \begin{cases} (a_r^\alpha) = r, \\ (a_r^\alpha a_s) = r\alpha + s = \lambda, \\ (a_r^\alpha a_s a_t) = (\alpha+1)(r\alpha + s + t) = (\alpha+1)\lambda, \\ (a_r^\alpha a_s^2) = \dfrac{(\alpha+1)(r\alpha+2s)}{2} = \dfrac{(\alpha+1)\lambda}{2}, \\ (a_r^\alpha a_s a_t a_u) = (\alpha+1)(\alpha+2)(r\alpha+s+t+v) = (\alpha+1)(\alpha+2)\lambda, \\ (a_r^\alpha a_s^2 a_t) = \dfrac{(\alpha+1)(\alpha+2)(r\alpha+2s+t)}{2} = \dfrac{(\alpha+1)(\alpha+2)\lambda}{2}; \end{cases}$$

et

$$(6)\qquad (a_{r_1}a_{r_2}\ldots a_{r_i}) = (i-1)!\,(r_1+r_2+\ldots+r_i),$$

$$(7)\qquad (a_r^\alpha a_s^\beta) = \binom{\alpha+\beta-1}{\alpha-1}r + \binom{\alpha+\beta-1}{\beta-1}s = \frac{(\alpha+\beta-1)!}{\alpha!\,\beta!}(r\alpha+s\beta).$$

On y voit déjà la formule générale; on a en effet :

$$(\text{A})\qquad (a_r^\alpha a_s^\beta a_t^\gamma\ldots a_n^\omega) = \frac{(\alpha+\beta+\gamma+\ldots+\omega-1)!}{\alpha!\,\beta!\,\gamma!\ldots\omega!}(r\alpha+s\beta+t\gamma+\ldots+u\omega).$$

On peut démontrer cette formule par l'induction totale. Posons

$$\alpha+\beta+\gamma+\ldots+\omega=\sigma$$

et supposons que la formule (A) soit vraie pour $\sigma - 1$, nous allons démontrer qu'elle doit être vraie aussi pour σ.

On a, d'après la loi de réduction :

$$(a_r^\alpha a_s^\beta\ldots a_n^\omega) = (a_r^{\alpha-1}a_s^\beta\ldots a_n^\omega) + (a_r^\alpha a_s^{\beta-1}\ldots a_n^\omega) + \ldots + (a_r^\alpha a_s^\beta\ldots a_n^{\omega-1}).$$

Mais la formule est supposée vraie pour tous les cas à droite, on a alors :

$$(a_r^\alpha a_s^\beta\ldots a_n^\omega) = \frac{(\alpha+\beta+\gamma+\ldots+\omega-2)!}{(\alpha-1)!\,\beta!\,\gamma!\ldots\omega!}(r\alpha+s\beta+\ldots+u\omega-r)+\ldots$$
$$+\frac{(\alpha+\beta+\gamma+\ldots+\omega-2)!}{\alpha!\,\beta!\ldots(\omega-1)!}(r\alpha+s\beta+\ldots+u\omega-u);$$

d'où l'on déduit aisément :

$$(a_r^\alpha a_s^\beta\ldots a_n^\omega) = \frac{(\alpha+\beta+\ldots+\omega-1)!}{\alpha!\,\beta!\ldots\omega!}(r\alpha+s\beta+\ldots+u\omega).$$

Mais notre théorème est vrai pour le cas simple de (6), il est donc généralement prouvé.

Nous avons obtenu la formule remarquable :

$$(\text{B})\qquad s_\lambda = \sum_{(\lambda)}(-1)^{\alpha+\beta+\ldots+\omega}\frac{(\alpha+\beta+\ldots+\omega-1)!}{\alpha!\,\beta!\ldots\omega!}(r\alpha+s\beta+\ldots+u\omega)\,a_r^\alpha a_s^\beta\ldots a_n^\omega.$$

Le poids $r\alpha+s\beta+\ldots+u\omega$ doit être toujours égal à λ.

Les formules spéciales (5), (6), (7) sont de simples conséquences de la formule générale (A).

D'après les formules précédentes, nous pouvons calculer aisément n'importe quelle somme s_λ.

J'écris, par exemple, presque sans calcul :

$$s_7 = -a_1^7 + 7a_1^5a_2 - 7a_1^4a_3 + 7a_1^3a_4 - 7a_1^2a_5 + 7a_1a_6 - 7a_7 - 7a_2^2a_3 + 7a_2a_5 + 7a_3a_4 - 14a_1^3a_2^2 + 21a_1^2a_2a_3 - 14a_1a_2a_4 + 7a_1a_2^3 - 7a_1a_3^2.$$

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les mouvements permanents stables.* Note de M. **C. Popovici**, présentée par M. H. Poincaré.

L'importance que ces mouvements ont dans la Mécanique céleste rend toujours d'actualité leur étude. M. Poincaré et M. Liapounoff ont montré (¹) dans quelle circonstance le système (²)

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \Sigma a_k^i x_k + \varphi_2^i(x_1, \ldots, x_n) + \ldots + \varphi_p^i(x_1, \ldots, x_n) + \ldots$$

représente des mouvements stables en ce sens, que la branche de trajectoire qui correspond pour $t = +\infty$ reste dans le voisinage de l'origine, lorsque par les conditions initiales le mobile en est assez rapproché.

Dans cette Note je désire apporter quelques remarques en ce qui concerne le caractère de la stabilité de ces mouvements permanents. Le voisinage de l'origine peut bien représenter une position d'équilibre géométrique, sans être une position d'équilibre cinématique; c'est-à-dire le mobile pourrait s'approcher de l'origine en parcourant un arc infini. Or, lorsque la molécule d'un fluide enfermé dans un vase ne décrit pas une trajectoire fermée périodique (ou remplissant un espace avec tendance de périodicité), elle s'approche d'un foyer; mais ces foyers peuvent être de deux genres suivant le caractère de convergence des solutions du système (1) et nous allons examiner dans chaque cas si l'équilibre cinématique existe.

Premier cas. — Les trajectoires [ou seulement la trajectoire (³) qui

---

(¹) Voir *Journal de Liouville*, 1882, 1885 et 1897; *Annales de la Faculté de Toulouse*, 1907. Dans une Note (*Comptes rendus*, juin 1908) j'ai considéré le cas omis par M. Liapounoff et qui correspond aux fluides incompressibles.

(²) On sait que des systèmes de cette forme se présentent dans certains cas particuliers dans la théorie de la Lune ainsi que dans celle de l'attraction d'une masse fluide sur un point intérieur; les fonctions φ jouent le rôle de fonctions perturbatrices.

(³) On sait que, lorsque toutes les racines λ_i de l'équation caractéristique du déterminant des coefficients a_i sont d'un côté d'une droite passant par O, toutes les trajectoires sont développables; dans le cas contraire, il existe un *polyèdre* dont le sommet est à l'origine et qui sépare l'espace en deux régions de stabilité et instabilité.

correspond à la position initiale donnée] sont développables suivant des séries des puissances en $\alpha_i e^{\lambda_i t}$.

Cherchons d'abord une majorante de la somme absolue des projections du mouvement sur Ox. On a, si l'on pose $\lambda_i = \lambda'_i + \sqrt{-1}\lambda''_i$,

$$x = \Sigma \alpha_i^{p_1} \ldots \alpha_i^{p_i} e^{-t\Sigma\lambda'_i p_i}(A_{p_1,\ldots,p_i} \cos t\Sigma\lambda''_i p_i + B_{p_1,\ldots,p_i} \cos t\Sigma\lambda''_i p_i). \tag{2}$$

Si nous appelons pour chaque terme de cette somme par ζ_p l'amplitude de l'oscillation et qui dépend du commencement t de l'époque considérée, nous aurons

$$\Sigma|\zeta_p| < 4M\left[\frac{1}{P(1-\alpha_i)} - 1\right] e^{-Rt}, \tag{3}$$

M désignant le maximum des coefficients A et B; P indique l'opération du produit, et R est le plus petit des nombres $\Sigma\lambda'_i p_i$, tous positifs. Désignons aussi par R' le plus petit des nombres $\Sigma\lambda' p_i$; alors tout le chemin parcouru par la projection du mobile sur Ox sera

$$X < 4M\left[\frac{1}{P(1-\alpha_i)} - 1\right] \frac{1}{1 - e^{-2\pi\frac{R}{R'}}}; \tag{4}$$

ce chemin étant fini quel que soit l'axe de projection, il sera fini dans l'espace ([1]).

Si tous les λ'' sont nuls, la vitesse angulaire tendra vers zéro; le foyer sera un point d'arrêt, avec une tangente déterminée.

Deuxième cas. — Le mouvement n'est pas développable en série d'exponentielles. Considérons le cas de deux dimensions. Les équations se réduisent à la forme

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = -\lambda y + P_2 + \ldots, \\ \dfrac{dy}{dt} = \lambda x + Q_2 + \ldots. \end{cases} \tag{5}$$

Il est évident que lorsqu'il existe un centre le mouvement sera périodique et le chemin infini; mais lorsque l'origine est un foyer, à cause de la présence des *termes séculaires*, il existe de petites courbes fermées

$$a = x^2 + y^2 + F_3 + F_4 + \ldots + F_p, \tag{6}$$

([1]) Ce fait ne subsisterait plus si la courbe n'a pas de tangente; mais dans notre cas, quel que soit t, les quantités $\dfrac{dx_i}{dx_k}$ ont un sens.

qui sont très sensiblement des cercles de rayon $\sqrt{a}$ et tels que

$$\frac{da}{dt} = -C_0 r^{2n}(1 + rh). \tag{7}$$

Lorsque r_0 est très petit, le mobile décrit chaque tour de spirale avec une période $\frac{2\pi}{\lambda} + r\eta$. Chaque tour i d'une telle spirale sera plus grand que $2\pi\sqrt{a_i}$ où $\sqrt{a_i}$ est le rayon vecteur obtenu quand le tour est achevé. D'autre part, l'équation (7) donne les suivantes :

$$a_i \geqq a_{i-1} - k^2 a_{i-1}^n. \tag{8}$$

Désignant par k^2 l'expression $C^2\left[\frac{2\pi}{\lambda} + r(\eta + h)\right]$ qui reste sensiblement la même. La longueur de l'arc $2\pi \sum_{i=0}^{i=\infty} \sqrt{a_i}$ sera infinie, si je peux prouver qu'une série Σa_i^p est divergente $\left(p > \frac{1}{2}\right)$.

Or les équations (8) donnent, en les multipliant,

$$\frac{a_i}{a_0} \geqq (1 - k^2 a_1^{n-1}) \ldots (1 - k^2 a_{i-1}^{n-1}). \tag{9}$$

La quantité positive a_i doit tendre vers zéro, en vertu de l'équation (7), puisqu'elle décroît, et l'hypothèse qu'elle tendrait vers une limite a est inadmissible, car $\frac{da}{dt}$ au lieu de s'annuler serait alors négatif et *fini*.

Donc le produit qui figure dans l'inégalité (9) doit avoir pour limite zéro, ce qui exige que la série $a_i^{n-1} + \ldots + a_i^{n-1} + \ldots$ est divergente ; donc l'arc est infini.

Nous pouvons constater que la série Σa_i^n est convergente. En effet, ajoutons les équations (8), on a

$$a_i \geqq a_0 - k^2 \Sigma a_i^n ;$$

la limite supérieure de la série sera $\frac{a_0}{k^2}$. On peut ainsi trouver que la longueur de p tours de spirale est de l'ordre de grandeur de la quantité

$$\sqrt{a_0}\left[1 + (n-1) a_0^{n-1} k^2 p \frac{2n-3}{2(n-1)}\right].$$

MÉCANIQUE. — *Sur la théorie générale de deux solides indéformables suspendus d'où dérivent les formules applicables à tous les systèmes de ponts suspendus rigides.* Note de M. **Leinekugel le Cocq**, présentée par M. Alfred Picard.

Si l'on considère le système le plus général de deux solides indéformables S et S' (voir la figure, p. 44) possédant trois articulations A, O, C, dont une commune, et constitués par une série de triangles mnp, un poids P agissant seul sur ce système développe des réactions aux points A, C et des efforts $\mathcal{E}$, T dans les membrures en p, m.

Désignons par : Δ_0, Δ_1 les distances des points m, p aux tangentes en p, m aux membrures; d, f les coordonnées de A; d_1, f_1 celles de C.

Les équations d'équilibre du système donnent de suite les valeurs des efforts développés. Ainsi dans la membrure supérieure on trouve :

$$(1) \qquad \mathcal{E} = -\frac{P}{\Delta_0}(d - z)\frac{f_1 x_0 + d_1 y_0}{f_1 d + d_1 f} \qquad \text{pour} \qquad d \geqq z \geqq x_0,$$

$$(2) \qquad \mathcal{E} = +\frac{P}{\Delta_0}\left[\frac{d_1(f x_0 - d y_0)}{f_1 d + d_1 f} - z\left(1 - \frac{f_1 x_0 + d_1 y_0}{f_1 d + d_1 f}\right)\right] \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq z \leqq x_0,$$

$$(3) \qquad \mathcal{E} = +\frac{P}{\Delta_0}\,\frac{(d_1 + z)(f x_0 - d y_0)}{f_1 d + d_1 f} \qquad \text{pour} \qquad -d_1 \leqq z \leqq 0.$$

Quant aux formules déterminant la tension T, elles se déduisent des précédentes (1), (2), (3) en remplaçant x_0, y_0, Δ_0 par x_1, y_1, Δ_1 et en changeant les signes.

Ces formules remarquables permettent d'établir à quelle condition nécessaire et suffisante doivent satisfaire les courbes décrites par les membrures inférieures pour qu'il n'y ait jamais renversement d'effort dans les membrures supérieures. Dans le cas où les deux solides sont symétriques par rapport à l'axe OY, cette condition se traduit par la relation simple

$$h \leqq f\frac{pd}{P + pd}.$$

Elle exprime que la tangente au point O à la membrure inférieure du solide S' rencontre la verticale passant par le point A en un point a situé à une distance $Aa = h$ satisfaisant à la relation précédente, p étant le poids supposé constant par mètre courant.

On déduit également des équations d'équilibre les valeurs des efforts développés dans les éléments mp et mp_1.

De ces formules générales se déduisent toutes celles nécessaires à l'étude des différents systèmes de ponts suspendus rigides qui sont les suivants :

1° Pont suspendu rigide à câbles paraboliques et entraits rectilignes;

2° Pont suspendu rigide à ferme triangulée (système Gisclard);

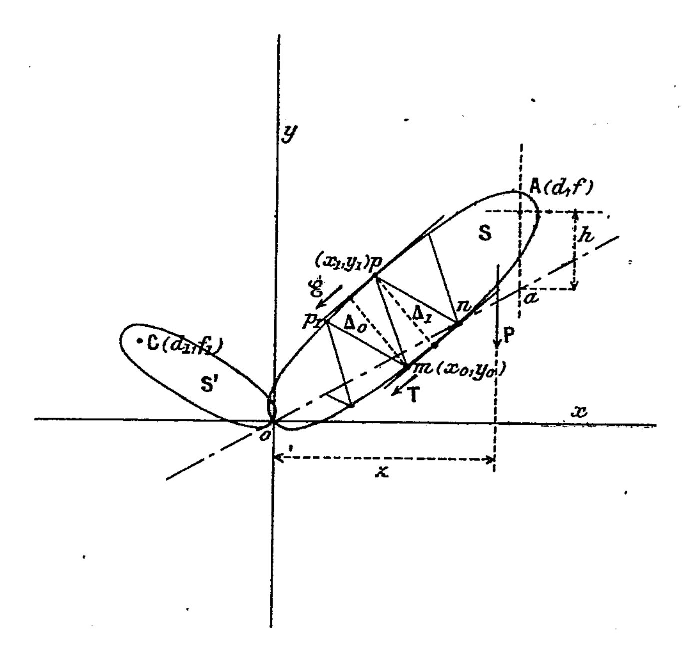
3° Pont suspendu rigide à entraits rectilignes et à membrures inférieures sinusoïdales (système Gisclard);

4° Pont suspendu rigide à entraits et à câbles paraboliques;

5° Pont suspendu rigide à câbles paraboliques et longeron horizontal avec articulation centrale;

6° Pont suspendu rigide à câbles paraboliques et poutre de rigidité avec articulation centrale;

7° Poutre suspendue droite ou courbe, à trois articulations.



Prenons, par exemple, le premier système en remplaçant, dans les formules (1), (2), (3), les quantités x_1, y_1, Δ_0, Δ_1 par leurs valeurs en fonction de x_0, y_0; on trouve les formules connues :

$$\mathcal{E} = -P(d-z)\frac{d+x_0}{d-x_0}\frac{\sqrt{d^2+f^2}}{2df} \qquad \text{pour} \qquad d \geqq z \geqq x_0,$$

$$\mathcal{E} = -P\frac{\sqrt{d^2+f^2}}{2fx_0}\left[\frac{z}{d}(2d+x_0)-x_0\right] \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq z \leqq x_0,$$

$$\mathcal{E} = +\frac{P(d+z)}{2fd}\sqrt{d^2+f^2} \qquad \text{pour} \qquad -d \leqq z \leqq 0.$$

dans le cas où les deux solides sont symétriques par rapport à OY. De même dans une ferme triangulée (système Gisclard) les formules générales donnent celles relatives à ce système particulier.

Elles permettent de déduire, par exemple, la valeur du maximum de $\mathcal{E}$, soit

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\mathrm{P}d}{2\Delta_0}\left(\frac{x_0}{d} - \frac{y_0}{f}\right) = \frac{\mathrm{P}}{2f}\sqrt{d^2+f^2} \qquad \text{pour} \qquad z = 0,$$

et la valeur minimum

$$\mathcal{E}_{x_0} = -\frac{\mathrm{P}}{2\Delta_0}(d - x_0)\left(\frac{x_0}{d} + \frac{y_0}{f}\right) \qquad \text{pour} \qquad z = x_0.$$

Ces formules concordent avec celles trouvées par le commandant Gisclard par une méthode différente.

On déduit aussi simplement les formules nécessaires à l'étude de tous les autres systèmes cités plus haut.

Il est intéressant de remarquer que ces formules générales sont non seulement applicables aux ponts suspendus rigides énumérés, mais encore à tous les ponts en arc qui dérivent des ponts suspendus par une simple inversion de la figure; les efforts changent seulement de signe.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires.* Note de M. **O. Boudouard**, présentée par M. Bertin.

J'ai décrit précédemment [1] un dispositif expérimental permettant de réaliser facilement un essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires, et j'ai donné les résultats obtenus avec un acier commercial à 0,3 de carbone. J'ai poursuivi ce travail en utilisant des métaux de composition chimique différente ayant subi des traitements thermiques différents pour rechercher comment cette propriété des métaux varie avec les conditions qui jouent un rôle prépondérant dans la détermination de leurs propriétés mécaniques. J'ai étudié ainsi une série de cinq métaux spécialement préparés : fer puddlé misé, acier Martin extra-doux basique, aciers au creuset à 0,3, 0,6 et 1,0 de carbone [2]; j'ai observé quelques faits intéressants que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 696.

[2] L'ensemble des résultats expérimentaux et leur discussion font l'objet d'un Mémoire qui paraîtra dans un autre Recueil.

1° Un mouvement vibratoire suffisamment prolongé conduit toujours à la rupture du métal essayé, et le nombre de vibrations varie en raison inverse de la teneur en carbone pour les aciers durs et demi-durs essayés.

Désignation du métal.	État thermique.	Durée du mouvement vibratoire jusqu'à la rupture.	Nombre de vibrations.
1. Fer puddlé	Recuit à 950° et refroidissement à l'air....	18h46m	1 995 000
2. Acier extra-doux.	Recuit à 950° et refroidissement à l'air....	11h15m	1 215 000
3. Acier à 0,3 C....	Recuit à 900° et refroidissement à l'air....	13h15m	1 431 000
	Trempé à 900° dans l'eau froide.........	14h	1 512 000
4. Acier à 0,6 C....	Recuit à 850°, puis à 700°, refroidissement à l'air.............	6h	648 000
	Trempé à 850° dans l'eau froide.........	1h25m	153 000
5. Acier à 1,0 C....	Recuit à 850°, puis à 650°, refroidissement à l'air.............	3h25m	369 000
	Trempé à 850° dans l'eau froide........	5m	9 000
	Trempé à 850° dans l'huile et revenu à 350°	Non rompu après 26h30m	>2 862 000

Le fer puddlé et l'acier extra-doux, qui ont une composition chimique très voisine et les mêmes constantes mécaniques, présentent une différence très nette au point de vue du temps nécessaire pour les rompre; le fer puddlé était beaucoup plus résistant que l'acier extra-doux. L'acier à 0,3 de carbone, recuit ou trempé, n'accuse pas de différence sensible. Pour les aciers durs, la trempe diminue très notablement la durée du mouvement vibratoire nécessaire pour la rupture. Le revenu améliore considérablement la qualité des métaux.

2° Au point de vue des propriétés mécaniques, il convient de retenir la grande élevation de limite élastique (augmentation d'un tiers environ) que le fer puddlé et l'acier extra-doux accusent après avoir été soumis à un mouvement vibratoire ayant amené leur rupture. Il faut remarquer également que tous les métaux essayés se sont rompus, quoique ayant travaillé au-dessous de leur limite élastique.

3° Les variations de l'amortissement du mouvement vibratoire sont en

général trop faibles pour caractériser un métal à différents moments de l'essai; cependant, s'il était possible de prévoir exactement l'instant de la rupture, la comparaison de la courbe obtenue quelques minutes avant cette rupture avec la courbe initiale fournirait certainement des renseignements intéressants sur l'état du métal ayant vibré.

Pour les aciers recuits, l'amortissement diminue lorsque la teneur en carbone augmente; si l'on compare l'acier extra-doux au fer puddlé de même composition chimique et de mêmes constantes mécaniques, pour les mêmes durées de mouvement vibratoire, l'amortissement du fer puddlé est inférieur d'environ 50 pour 100 à celui de l'acier doux pour devenir sensiblement le même un quart d'heure avant la rupture des barrettes d'essai. L'amortissement du métal 3 trempé est inférieur à celui du même métal recuit; on observe l'inverse pour les métaux 4 recuit et trempé. Enfin, l'amortissement du métal 5, trempé et revenu, quoique passant par un maximum, reste sensiblement le même que celui du même métal recuit.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la définition des unités électriques pratiques.* Note de M. **Ch.-Ed. Guillaume**, présentée par M. J. Violle.

La définition des unités électriques par leurs relations avec le centimètre, le gramme et la seconde, ne suffit pas aux besoins de la pratique métrologique. Celle-ci exige qu'elles puissent être représentées par des étalons, tout comme les unités fondamentales du système métrique.

Parmi les unités électriques, l'ohm a été, le premier, rapporté à sa représentation matérielle : l'ohm légal, puis l'ohm international, ont constitué deux étapes de l'approximation de l'unité conventionnelle à l'unité théorique du système cohérent. Puis, étendant le même principe, on a voulu définir par un étalon une deuxième unité de l'électricité, et la discussion s'est immédiatement restreinte au choix à faire entre l'ampère et le volt. La plupart des auteurs ont admis que la troisième unité fondamentale et les unités secondaires étaient alors imposées par la nécessité de satisfaire rigoureusement à la loi d'Ohm et aux autres relations de définition; et cette opinion, implicitement admise, a dominé tous les débats au sein de la Conférence internationale des Unités électriques, réunie à Londres en 1908. La majorité a fait adopter provisoirement la représentation de l'ampère, mais non sans que les partisans de la matérialisation du volt en fonction de l'élément Weston eussent fait valoir d'excellents arguments en sa faveur.

Aujourd'hui la question se pose de nouveau sous la forme volt *ou* ampère.

Or il est aisé de se convaincre qu'ainsi formulé, l'objet de la discussion repose sur un malentendu.

Admettons, en effet, le point de vue de la Conférence. La loi de Joule devant être satisfaite au même titre que la loi d'Ohm, toutes les unités sont imposées aussitôt que l'une d'entre elles est fixée; l'ohm étant admis sans conteste, la discussion se trouve dès lors sans objet.

A cette obligation de satisfaire à la loi de Joule, les électriciens pensent échapper en définissant le watt comme étant le produit du volt par l'ampère. Mais cette conception de la genèse du watt, bien que historiquement exacte, présente un grave inconvénient : elle tient le watt isolé de la Mécanique, et contribue à prolonger l'existence du cheval, dont la survivance constitue aujourd'hui un flagrant anachronisme.

D'un autre côté, si l'on définit le watt en partant de l'erg, on fait intervenir une unité que les mécaniciens considèrent comme trop petite, et qu'ils répudient par avance. Mais le watt admet une définition directe, qui est la suivante : *Le watt est la puissance engendrée par le déplacement, à la vitesse de* 1 m : sec, *d'une force susceptible de communiquer à* 1^{kg}, *une accélération de* 1 m : sec^2. Ainsi ramenée, de la façon la plus directe, au mètre et au kilogramme, le watt devient au premier chef une unité pratique de la Mécanique ([1]).

Tel est l'un des points de vue : la réduction de la représentation à une seule unité fondamentale. Mais on peut aussi professer une opinion inverse. Les lois relatives aux mesures ne consacrent pas des relations théoriques; elles utilisent ces dernières seulement pour constituer des unités qui, ramenées à des types matériels, satisfassent le mieux possible à l'expression numérique de ces relations.

On pourrait, en partant de ce principe, représenter par des étalons autant d'unités qu'il serait à la fois possible et utile d'en posséder. Il suffirait de fixer la valeur des étalons de telle sorte qu'ils satisfissent, entre eux, aux lois d'Ohm et de Joule et aux autres relations de définition, jusqu'aux plus extrêmes limites de la précision métrologique actuelle. Il est à peu près certain que ces étalons construits à notre époque suffiraient indéfiniment

([1]) C'est ainsi que, dans une loi récemment promulguée, et pour laquelle le Gouvernement du Royaume de Bulgarie m'a fait l'honneur de me consulter, le watt est défini parmi les unités de la Mécanique; sa filiation par l'ampère et le volt est donnée à titre de simple remarque explicative.

aux besoins de la précision industrielle; et les petites corrections dont les recherches futures démontreraient la nécessité pourraient toujours être appliquées aux résultats des expériences de haute précision. On ne procède pas autrement, aujourd'hui, lorsqu'on veut passer, d'une détermination d'un volume faite en fonction du litre, à l'expression en décimètres cubes.

Il est peu probable, d'ailleurs, qu'on trouve un grand avantage à constituer d'autres étalons que ceux de l'ohm, du volt et de l'ampère, les autres unités de l'électromagnétisme s'en déduisant par des opérations très simples. Ainsi, l'unité de champ magnétique, ramenée jusqu'ici à la considération de la quantité fictive qu'on nomme *l'unité de masse magnétique isolée*, est très simplement définie en fonction de l'ampère dans les termes suivants : *L'unité de champ magnétique est le gauss; c'est le champ qui règne à l'intérieur d'un solénoïde indéfini, dont la densité d'enroulement uniforme est de* $\frac{10}{4\pi}$ tours : cm, *et qui est parcouru par un courant de* 1 *ampère.*

Le terme *densité d'enroulement* est probablement employé ici pour la première fois; il désigne le quotient du nombre de spires d'un solénoïde par la longueur de celui-ci. La considération de ce quotient, au lieu de ses deux termes pris isolément, simplifierait l'énoncé de certaines propriétés des enroulements.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction de la zymase par simple macération.* Note de M. **A. Lebedeff**, présentée par M. E. Roux.

Dans mes deux dernières Communications [1] sur la fermentation alcoolique, j'ai mentionné déjà que, pour préparer la zymase, je me suis servi de la levure sèche en l'additionnant d'eau et en la traitant ensuite par la méthode de Buchner et Hahn [2]. Pendant ces recherches, j'ai fait l'observation curieuse que la levure sèche, laissée quelque temps avec de l'eau et filtrée à travers du papier à filtre, fournit un suc qui est très riche en matières albuminoïdes. Cela m'a donné l'idée d'essayer s'il ne ferait pas fermenter le saccharose. L'expérience a pleinement répondu à mon attente, comme on peut le voir par les quelques chiffres que je donne à titre d'illustration, me réservant d'étudier plus en détail les propriétés du suc de

(1) *Biochem. Zeitschr.*, t. XX, 1909, p. 114, et t. XXVIII, 1910, p. 213.
(2) E. et H. Buchner et M. Kahn, *Die Zymasegärung*, 1903, p. 58-66.

levure obtenu par ma méthode, ainsi que les conditions dans lesquelles ce suc présente le maximum d'activité.

Pour toutes les expériences dont je vais parler ici, je me suis servi de levure de la brasserie Moritz, à Paris, provenant *de la même cuvée* et desséchée (pour les expériences 2, 3, 4, 5 et 6) depuis un mois.

J'ajoute d'habitude, pour obtenir le suc d'après la méthode ordinaire, 2 parties d'eau à 1 partie de levure sèche [1].

J'abandonne la masse 1 à 2 heures jusqu'à ce qu'elle soit tout à fait homogène et qu'une faible fermentation commence; ce temps dépend de la qualité de levure et de la température. J'ajoute ensuite du sable et de la terre d'infusoire, puis je broie et je presse comme d'ordinaire.

Pour obtenir du suc par simple macération j'ajoute un peu plus d'eau, soit, pour 1 partie de levure, 2,5 à 3 parties d'eau; je laisse une nuit à la température ordinaire et je filtre à travers du papier-filtre. Il s'écoule un suc très limpide dont l'activité et la stabilité dépassent de beaucoup celles du suc obtenu par la méthode de Buchner et Hahn.

Expérience 1. — A deux petites fioles d'Erlenmeyer (*a* et *b*) munies d'une soupape de fermentation de Meissl on a ajouté 8^g de sacharose, 20^{cm^3} de suc de levure fraîche, pressée et broyée avec du sable et $0^{cm^3},2$ de toluène, puis on les a mises au thermostat à 25°.

CO^2 dégagé en 72 heures: *a*, $0^g,68$; *b*, $0^g,67$.

Expérience 2. — Mêmes conditions, mais le suc de levure a été préparé avec de la levure sèche (1 partie de levure + 2 parties d'eau), broyée avec du sable.

CO^2 en 72 heures: *a*, $1^g,79$; *b*, $1^g,77$.

Expérience 3. — Mêmes conditions, mais le suc a été obtenu par simple macération de la levure sèche (1 partie de levure + 3 parties d'eau) pendant 20 heures à la température ordinaire.

CO^2 en 48 heures: *a*, $0^g,78$; *b*, $0^g,79$.

Expérience 4. — Mêmes conditions que dans l'expérience précédente, mais la levure a été macérée avec de l'eau (1 partie de levure + 2,5 parties d'eau) pendant 15 heures. En outre, à la fiole *b* on n'a pas ajouté de toluène, afin de pouvoir doser l'alcool formé pendant la fermentation.

CO^2 en 48 heures: *a*, $1^g,69$; *b*, $1^g,71$.

Le contenu de la fiole *b* a été distillé et l'alcool dosé par le compte-gouttes de Duclaux. On en a obtenu $1^g,66$.

---

[1] La levure fraîche lavée et pressée à 50^{atm} contient 76 pour 100 d'eau dont elle perd environ 62 pour 100 par exposition à l'air.

Expérience 5. — Mêmes conditions que dans l'expérience 4, mais le suc filtré a été abandonné au préalable durant 36 heures à la température ordinaire.

CO^2 en 72 heures : *a*, 0g,49 ; *b*, 0g,47.

Expérience 6. — La levure sèche a été laissée avec de l'eau (120g levure et 300g eau) pendant 9 heures, puis la masse a été mise à filtrer durant la nuit à la température de 3° à 5°. Il s'est écoulé 100cm³ de suc. J'ai pris 3 fioles d'Erlenmeyer (*a*, *b* et *c*) avec soupapes de Meissl; dans chacune des fioles *a* et *b* j'ai introduit 8g de saccharose et 20cm³ de suc; dans la fiole *c* j'ai mis seulement 20cm³ de suc; puis j'ai laissé fermenter à 25°.

CO^2 en 4 heures : *a*, 0g,34.

CO^2 en 48 heures : *b*, 1g,64.

CO^2 en 4 heures : *c*, 0g,01.

Dans les fioles *a* et *c* j'ai dosé l'alcool par le compte-gouttes de Duclaux, après distillation. La fiole *c* ne contenait pas d'alcool (1); la fiole *a* en a donné 0g,33. Il s'agissait donc sans aucun doute de la fermentation alcoolique.

En résumé, ma méthode permet d'obtenir la zymase avec une extraordinaire facilité, sans avoir recours à un matériel coûteux et encombrant, par le simple jeu des forces osmotiques.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *La coloration vitale des leucocytes doit avoir une signification physiologique.* Note de MM. L. **Bruntz** et L. **Spillmann**, présentée par M. Guignard.

Dans nos recherches sur l'élimination des substances colorées injectées dans la cavité générale (Invertébrés) ou dans l'appareil circulatoire (Vertébrés), notre attention a été tardivement attirée par les colorations vitales que présentent, *in vivo*, certaines formes de leucocytes.

Ces colorations sont cependant bien connues. Divers auteurs, entre autres Kowalewsky (1888), Harmer (1891), Calvet (1900), de Bruyne (1896), Carles (1904), etc., ont constaté que certains globules blancs pouvaient se colorer tout en restant vivants. Cette propriété a même été utilisée pour faciliter la numération des leucoytes (Courmont et Montagard, 1902).

---

(1) En opérant la même recherche sur 30cm³ de suc au début de l'expérience, le compte-gouttes n'avait pas décelé d'alcool; c'est-à-dire, en raison de la limite de sensibilité de la méthode, qu'il n'y en avait pas 0,2 pour 100.

Peu d'auteurs, cependant, ont cherché à interpréter le mécanisme des colorations vitales. L'hypothèse la plus séduisante est celle qui a été récemment émise par de Beauchamp (1909). Pour lui, le mécanisme intime de toutes les colorations vitales s'explique, comme beaucoup de phénomènes de teinture, par les propriétés électriques des solutions colloïdales. Il y aurait généralement coloration par précipitation sur le cytoplasme, corps colloïde chargé d'un certain signe électrique, du colorant possédant une charge électrique de signe contraire.

Cette hypothèse est très plausible, mais quel que soit le mécanisme intime des colorations vitales, nous croyons qu'en particulier la coloration vitale des globules blancs a une signification physiologique.

En effet, parmi les nombreuses fonctions connues des globules blancs, l'une consiste dans le rôle de transporteur joué par ces éléments. Carles a fort bien étudié le phénomène et montré que les globules pouvaient charrier des aliments dans les divers organes, des produits d'élimination vers les reins et des substances médicamenteuses dans certaines régions de l'organisme.

Le rôle des globules blancs comme fixateurs des substances introduites dans l'organisme doit être parfaitement admis, car, indépendamment des particules solides qu'on sait être toujours phagocytées, les leucocytes peuvent aussi fixer :

1° Des corps simples : l'iode (Labbé et Lortat-Jacob, 1902), le collargol (Carles, 1904); 2° des acides et des sels : le saccharate de fer (Kobert, 1893-94; Metchnikoff, 1894), l'acide citrique, le sublimé (Stassano, 1898), l'arsénite de potasse (Besredka, 1899), les sels solubles d'argent (Samoïloff, 1899), le salicylate de soude (Arnozan et Montel, 1900), le tartrate ferrico-potassique, l'iodure ferreux (Carles, 1904), le ferrocyanure de potassium (Feuillié, 1909); 3° des alcaloïdes : la strychnine et l'atropine (Lombard, 1901), la morphine (Lancelin, 1902); 4° des substances très diverses comme la peptone, le glucose (Gabristchewsky, 1891), le curare, le venin de serpents (Stassano, 1899), la lécithine (Stassano et Billon, 1902).

Enfin, comme Metchnikoff l'a démontré (voir le Mémoire de Carles), le rôle fixateur des leucocytes s'exerce aussi vis-à-vis des toxines.

Les substances qu'on sait être capturées par les globules blancs sont donc aussi nombreuses que variées; ce fait permet de croire que tous les corps étrangers à l'organisme, solides ou liquides (solutions colloïdales

comprises), introduits dans le corps de l'homme ou des animaux, sont toujours phagocytés ou fixés (¹).

Nous avons pensé que, s'il s'agissait là d'un phénomène général de défense de l'organisme universellement employé contre tous les agents nuisibles ou seulement inutiles, solides ou liquides, les réactifs colorés devaient, eux aussi, être fixés par les leucocytes.

Et, en effet, nous avons constaté *in vivo* et *in vitro*, chez l'homme et chez les animaux étudiés (lapin, grenouille, tégénaire, grillon, écrevisse, limace, escargot), que certaines formes de globules vivants prenaient les colorants utilisés (carmin ammoniacal et bleu de méthylène).

Chez les Invertébrés, ce sont les jeunes globules au premier stade de leur développement et les globules en voie d'évolution, qui, seuls, fixent les réactifs colorés (²). Chez la grenouille, la fonction est dévolue à de gros leucocytes mononucléaires et chez les Mammifères, aux leucocytes polynucléaires neutrophiles.

En résumé :

1° Les colorations dites *vitales* des leucocytes semblent représenter, comme la phagocytose, un phénomène physiologique de défense;

2° Ce phénomène général s'accomplit chez les Vertébrés et chez les Invertébrés par des processus identiques;

3° Certaines formes de globules blancs participent seules, comme pour la phagocytose, à la défense de l'organisme contre les substances liquides introduites dans l'appareil circulatoire ou dans la cavité générale de l'homme ou des animaux.

CYTOLOGIE. — *Cytologie de* Bacillus megatherium.
Note de M. **Henry Pénau**, présentée par M. Joannes Chatin.

A. Dans nos précédentes recherches sur la cytologie du muguet, nous avions démontré la présence, dans cet organisme, de trois formations

(¹) Cette propriété des leucocytes de fixer les substances liquides nous permet maintenant de comprendre « la singulière propriété que possède le sang de se débarrasser rapidement de tout élément étranger, qu'il s'agisse de matières solubles ou d'agents figurés ». (Bouchard, 1901.)

(²) Au contraire, lorsque, *in vitro*, on met des leucocytes en présence d'une solution faible de vésuvine ou de rouge neutre, ce sont toujours les granulations des globules arrivés à l'état adulte qui se teignent.

cytologiques : noyau, corpuscule métachromatique et réticulum basophile. La découverte d'un réticulum sidérophile dans *Endomyces*, rapprochée de l'existence, antérieurement connue, d'un réseau chromatique diffus chez les Bactéries endosporées, nous permirent d'homologuer ces deux formations et d'émettre l'hypothèse que le noyau vrai des Bactéries pouvait avoir échappé aux observateurs.

B. *a.* Nous nous proposons aujourd'hui d'aborder la cytologie de *Bacillus megatherium*.

L'organisme a été cultivé sur gélose saccharosée. Trois séries d'examens ont été effectuées au bout de 35 heures, de 62 heures et de 5 jours. Les fixations cellulaires ont été assurées par le Perenyi, qui décèle admirablement noyau et formation basophile, et par le Lavdovsky, qui définit avec précision corpuscules métachromatiques et noyau. Nous avons toujours fixé des cellules contemporaines au même stade de leur évolution biologique, afin d'éviter les causes d'erreurs dans l'interprétation finale des résultats.

Les cellules ont été colorées par :

L'hématoxyline ferrique, régression alun de fer, érythrosine;

L'hématéine alunée acide, régression solution picriquée, érythrosine;

Le violet gentiane phéniqué, régression alcool chlorhydrique;

La safranine anilinée, régression alcool chlorhydrique;

Le bleu polychrome, régression glycerin æthermischung.

b. Cytoplasme. — Dans les éléments très jeunes, ceux issus de la germination des spores, il est difficile d'apercevoir une structure différenciée. Dense, basophile plein, le cytoplasme prend uniformément les colorants. Dans son sein, va cependant apparaître une vacuole sphéroïde qui s'allonge, puis finit par occuper tout l'élément, en sorte que, dans les cellules adultes, le cytoplasme ne forme plus qu'un mince revêtement pariétal renforcé aux extrémités, tandis que la vacuole se trouve entrecoupée par des ponts de protoplasme, l'ensemble donnant à celui-ci un aspect alvéolaire scalariforme très net.

c. Corpuscules métachromatiques. — Ils apparaissent surtout dans les éléments jeunes. Particulièrement abondants dans les cellules dont le cytoplasme dense et basophile se colore uniformément en bleu par la solution polychrome de Unna, ils sont plus rares dans les bâtonnets pourvus d'une vacuole, et le deviennent davantage encore quand la cellule arrive à l'état adulte et que le cytoplasme est devenu alvéolaire. Ils sont généralement uniques et volumineux et occupent l'un des pôles de l'organisme, mais il n'est pas rare de rencontrer des bacilles renfermant deux et même trois corpuscules métachromatiques.

d. Noyaux. — Tous les colorants nucléaires le mettent en évidence avec une netteté indiscutable. Il se présente sous forme d'un petit corpuscule plein, dans lequel il n'est pas possible de définir une structure particulière. Unique en général, il est situé dans la calotte cytoplasmique des extrémités bacillaires. On rencontre aussi, fréquemment, des éléments binucléés, dans lesquels chacun des pôles du bâtonnet est occupé par un

noyau; enfin, mais plus rarement, des cellules multinucléées qui subissent rapidement une fragmentation scissipare aboutissant à la mise en liberté de tronçons uninucléés. La division nucléaire consécutive paraît se faire uniquement par amitose, nous n'avons jamais pu assister à un processus karyokinétique.

e. Formation basophile. — L'étude de la formation basophile est particulièrement intéressante, car elle se rapproche de celle décrite par nous dans le muguet. Dans les cellules fixées au Perenyi à la 36e heure du développement, puis colorées au violet-gentiane, on observe des grains parfois épars dans le cytoplasme, mais souvent aussi agglomérés en tétrades ou en grappes. Ces amas ne tardent pas à s'épanouir, tandis que les couples libérés vont se séparer à leur tour; les deux granulations constituantes s'éloignent tout en restant réunies l'une à l'autre par un fin tractus. En sorte que, finalement, la cellule se trouve barrée transversalement par un système de travées claviculaires, perpendiculaires au grand axe du bâtonnet cellulaire et par suite sensiblement parallèles entre elles. On n'observe plus guère que cet état scalariforme à la 62e heure du développement. La basophilie de ces grains, très accusée pour le violet-gentiane, est moins nette pour la laque ferrique et la safranine anilinée. Elle est sensiblement nulle pour l'hématéine.

Spore. — Elle prend naissance par accroissement du noyau. Le diamètre de celui-ci augmente peu à peu, tandis que le corps nucléaire finit par occuper toute la largeur de la cellule. A partir de ce moment il s'allonge, devient ovoïde, ses affinités chromatiques vis-à-vis des colorants nucléaires diminuent, ses extrémités se cutinisent. La spore est constituée. Pendant cet accroissement endogène, une partie des granulations basophiles se trouve englobée par la spore, l'autre partie constitue un épiplasme inutilisé, qui entre rapidement en dégénérescence et se détache de la spore adulte devenue libre dans le milieu ambiant.

Conclusions. — I. Ainsi donc, *Bacillus megatherium* possède bien les trois formations cytologiques décrites par nous dans le muguet.

II. Nous nous garderons de généraliser, et de dire que la caractéristique des Bactéries endosporées est de posséder un noyau. Des recherches non encore terminées sur *Bacillus mycoides* nous permettent de supposer qu'à côté des corpuscules métachromatiques et d'un réticulum basophile diffus, qui ont été déjà décrits par Guilliermond, il existe probablement, dans ce cas aussi, un organite nucléaire très petit et peut-être transitoire.

III. De ce que le réticulum basophile de *B. megatherium* ne possède pas les mêmes affinités chromatiques que celui d'*Endomyces albicans*, il n'y a pas nécessairement lieu de conclure à une divergence dans leurs attributs physiologiques, sur lesquels nous ne connaissons encore rien d'ailleurs.

IV. Cette triple formation cytologique, noyau, corpuscules métachromatiques et formation basophile, paraît assez répandue dans le règne végétal.

Signalée par Matruchot et Molliard dans une Algue verte, *Stichococcus bacillaris*, nous l'avons retrouvée dans un Ascomycète, le muguet, et chez une Bactériacée, *Bacillus megatherium*. Elle montre l'extraordinaire complexité des bactéries et des levures, que nous commençons à entrevoir à la lumière des techniques de l'Histologie.

PARASITOLOGIE. — *Sur la possibilité de rendre le* Trypanosoma Lewisi *virulent pour d'autres Rongeurs que le rat.* Note de M. **D. Roudsky**, présentée par M. A. Laveran.

Il existe, chez bon nombre de petits Mammifères, des trypanosomes du type *Tr. Lewisi* Kent qui, malgré leur ressemblance morphologique, ont été décrits comme des espèces distinctes, parce qu'ils ne sont pas inoculables d'une espèce à une autre espèce. On pouvait se demander si, en réalité, ces différentes formes ne dérivaient pas d'une même souche; dans le but d'élucider cette question, j'ai tenté d'adapter chez d'autres petits Mammifères le *Tr. Lewisi*, considéré comme particulier au rat. Ces recherches qui ont été effectuées à l'Institut Pasteur, sous la direction de MM. A. Laveran et A. Pettit, ont porté d'abord sur la souris; le sérum de ce Rongeur constitue un milieu de conservation très favorable, *in vitro*, pour le *Tr. Lewisi* qui peut y vivre pendant 8-9 jours; il ne paraissait donc pas impossible d'infecter la souris avec le *Tr. Lewisi*.

J'ai obtenu, par le procédé suivant, un *Tr. Lewisi* que MM. A. Laveran et A. Pettit ont qualifié très exactement de *virus renforcé* (¹).

Un premier rat est inoculé avec une culture ancienne en milieu de Novy ordinaire. Le virus est ensuite conservé sur des rats appartenant à une série, dont chaque individu est inoculé avec une très forte dose de sang, voire même avec le sang total du rat le précédant immédiatement sur la liste et sacrifié 48 heures après l'inoculation; ce laps de temps correspond à peu près à l'apparition d'assez nombreux trypanosomes dans le sang des rats. On peut se demander s'il ne se fait pas une sorte de sélection des formes ayant tendance à passer rapidement dans le torrent circulatoire. On obtient ainsi un virus qui présente des caractères spéciaux : 20 heures après l'inoculation, le sang du rat inoculé renferme déjà de très nombreux trypanosomes, avec une abondance exceptionnelle de formes de multiplication; le polymorphisme est assez accusé

(¹) A. Laveran et A. Pettit, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LVIII, 1910, p. 571.

pour qu'un observateur non prévenu, examinant le sang frais, distingue, au premier coup d'œil, ce virus du *Tr. Lewisi* ordinaire.

Ce virus renforcé est susceptible d'infecter la souris, le campagnol (*Microtus arvalis*), le mulot (*Mus sylvaticus*), le cobaye et le lapin (¹).

Actuellement, je suis arrivé chez le rat au 55ᵉ passage en série, sans que la virulence diminue comme cela a lieu avec le virus ordinaire. Les formes de multiplication persistent et ont même augmenté. L'inoculation du sang de ces rats à la souris, au campagnol, au mulot, au cobaye et au lapin est suivie de l'apparition des trypanosomes dans le sang, dans 61,7 pour 100 des cas chez la souris et presque toujours chez les autres animaux. Au début, une première souris s'infectait bien, mais il était impossible, sauf deux cas (²), d'effectuer des passages en série.

Du 20 au 22 juillet 1910, j'ai ensemencé 36 tubes de milieu de Novy ordinaire, avec le sang de 8 rats infectés de *Tr. Lewisi* renforcé. Ces cultures ont été abandonnées à une température de 20° à 25° jusqu'au 6 octobre 1910. A ce moment, trois tubes seulement renfermaient des trypanosomes; l'un d'eux, qui contenait environ 1^{cm^3} de culture ensemencée 75 jours (³) auparavant avec le sang du rat du 55ᵉ passage (⁴), a été utilisé en totalité pour inoculer un nouveau rat; ce dernier s'est infecté et a servi à faire de nouveaux passages en série chez le rat. Une souris, inoculée avec du virus d'un de ces rats, s'est infectée et a été le point de départ des infections en série de la souris.

J'en suis actuellement au 32ᵉ passage chez la souris; les trypanosomes sont extrêmement nombreux dans le sang; l'infection dure de 5 à 12 jours. Chaque souris est inoculée soit avec quelques gouttes de sang, soit avec la moitié ou le tiers du sang de la souris la précédant immédiatement sur la liste. J'ai toujours soin de faire le passage d'une souris à l'autre avant que le nombre de trypanosomes soit en décroissance. En effet, la réussite de l'inoculation paraît subordonnée au moment où est effectué le prélèvement du virus; dès que le nombre des trypanosomes commence à diminuer et alors même que la proportion des parasites reste encore très élevée, il est

(¹) Pour le mulot et le campagnol, voir la Note de MM. A. Laveran et A. Pettit, sus-indiquée.

(²) D. Roudsky, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LVIII, 1910, p. 458.

(³) Antérieurement, des cultures vieilles de 99 jours m'avaient fourni des infections accentuées chez le rat.

(⁴) Ce virus avait passé 2 fois en milieu de Novy, puis 55 fois chez le rat.

impossible de communiquer à la souris une infection transmissible en série. Sur 140 souris ([1]), 71 pour 100 se sont infectées, les insuccès (29 pour 100) coïncident avec une très forte leucocytose, dans la cavité péritonéale.

Plusieurs souris ont succombé à l'infection produite par le *Tr. Lewisi* renforcé avec des lésions (hypertrophie de la rate, altérations du foie) qui ne laissent pas de doute sur la cause de la mort. Le *Tr. Lewisi* est donc devenu pathogène pour la souris.

En résumé : le virus renforcé de *Tr. Lewisi* est inoculable à plusieurs Rongeurs (souris, campagnol, mulot, cobaye et lapin); le campagnol, le mulot, le cobaye et le lapin n'ont pas encore présenté d'infection transmissible en série, mais la souris a pu fournir, jusqu'à ce jour, 32 passages.

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.

([1]) Dans ce nombre ne figurent pas 122 souris de la première série de recherches chez lesquelles seul le premier passage de *Tr. Lewisi* avait été obtenu (D. Roudsky, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LIX, 1910, p. 384).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 3 JANVIER 1911.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKÁDÉMIA. *Prix Bolyai : Procès-verbal des séances de la Commission internationale de* 1910. *Rapport par* M. HENRI POINCARÉ. Budapest, Imprimerie de la Société Franklin, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'Académie hongroise des Sciences.)

OLE RÖMERS *Adversaria, med understöttelse af Carlsbergfondet udgivne af det* KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB, *ved* THYRA EIBE *og* KIRSTINE MEYER (F. BJERRUM). Copenhague, imp. Bianco Lunos, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Traité de machines à vapeur marines. La machine alternative, par E. BROSSER et R. LELONG. Paris, Augustin Challamel, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bertin, pour le Concours d'un des prix de la Marine de 1911.)

Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires, entre la Lizerne et la Kander, par MAURICE LUGEON, 1898-1909; échelle $\frac{1}{50000}$. (*Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse;* nouvelle série, livraison XXX. Carte spéciale, n° 60.) 1 feuille in-plano, en couleurs. (Présenté par M. Termier. Hommage de l'auteur.)

Bulletin of the Bureau of Fisheries; t. XXVIII, in two parts : *Proceedings of the fourth international Fishery Congres, held at Washington*, september 22 to 26, 1908. Washington, Government printing Office, 1910; 2 vol. in-4°.

Annales de la Société académique de Nantes et de la Loire-Inférieure ; t. X de la 8e série, 2e semestre 1909; t. I de la 9e série, 1er semestre 1910. Nantes, imp. C. Mellinet; 2 vol. in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne; 2e série, t. XII, 1908-1909. Châlons-sur-Marne, A. Robat, 1910; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 27 décembre 1910.)

Note de M. *G. André*, Sur la conservation des matières salines pendant le cours de la végétation d'une plante annuelle :

Page 1379, dernière ligne de la Note, *au lieu de* Seleans, *lire* Deleano.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JANVIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale singulière.* Note de M. **Émile Picard.**

1. J'ai, il y a quelque temps (*Comptes rendus*, 3 octobre 1910) considéré l'équation intégrale singulière du type de l'équation de Fredholm,

$$u(x, y, z) - \mu \int\int\int \frac{e^{-r}}{r} u(\xi, \eta, \zeta)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta = f(x, y, z), \tag{1}$$

où r désigne la distance du point (x, y, z) au point (ξ, η, ζ), et où l'intégrale triple est étendue à tout l'espace. J'appelais l'attention sur ce fait, que la solution $u(x, y, z)$ de cette équation, regardée comme fonction du paramètre μ, est d'une nature analytique dépendant essentiellement de la fonction donnée $f(x, y, z)$ qui se trouve dans le second membre. Je veux simplement indiquer aujourd'hui quelques exemples confirmant les assertions que j'avais émises.

2. Au lieu de l'équation (1), je prendrai l'équation qui s'en déduit en supposant que $f(x, y, z)$, et par suite $u(x, y, z)$, ne dépendent que de x. On est alors ramené au cas d'une seule variable, et l'on trouve l'équation écrite d'ailleurs dans ma Communication antérieure (à un changement près de notation),

$$u(x) - 2\pi\mu \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-|x-\xi|} u(\xi)\, d\xi = f(x). \tag{2}$$

On suppose que la fonction $f(x)$ est bornée, et la solution de l'équa-

tion (2) est donnée par la formule

$$(3) \qquad u(x) = \frac{1-\lambda}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-|x-\xi|\sqrt{\lambda}}}{\sqrt{\lambda}} f(\xi)\, d\xi + f(x).$$

On a $\lambda = 1 - 4\pi\mu$, et, ne supposant pas λ réel et négatif, on prend la détermination de $\sqrt{\lambda}$, pour laquelle la partie réelle est positive. En tant que fonction du paramètre λ, la fonction u, définie par (3), est holomorphe dans le plan de la variable λ, sur lequel on a tracé une coupure formée par la partie négative de l'axe réel.

3. Cette coupure peut être une coupure naturelle ou artificielle, suivant la fonction donnée $f(x)$ que nous supposons toujours bornée et continue de $-\infty$ à $+\infty$. Nous allons en donner des exemples. Ainsi, soit

$$f(x) = \Sigma A_n \cos(h_n x),$$

la série $\Sigma |A_n|$ étant convergente, et les h_n étant des quantités positives croissant indéfiniment avec n. On aura

$$u(x) = \Sigma A_n \frac{1+h_n^2}{\lambda + h_n^2} \cos(h_n x).$$

La fonction u de λ est méromorphe dans tout le plan, comme il arrive pour l'équation régulière de Fredholm. Les pôles $\lambda = -h_n^2$ sont réels et négatifs.

4. Prenons maintenant

$$f(x) = \int_0^{\infty} \varphi(h) \cos(hx)\, dh,$$

en supposant que l'intégrale

$$\int_0^{\infty} |\varphi(h)|\, dh$$

ait un sens. On aura, pour $u(x)$, la valeur

$$u(x) = \int_0^{\infty} \frac{1+h^2}{\lambda + h^2} \varphi(h) \cos(hx)\, dh.$$

Si la fonction continue $\varphi(h)$, définie de 0 à ∞, est une fonction *non analytique*, la fonction u, regardée comme fonction de λ, admettra, comme coupure *essentielle*, la partie négative de l'axe réel dans le plan de λ.

5. Considérons enfin l'exemple où

$$f(x) = \int_a^b \varphi(h) \cos(hx)\, dh \qquad (a \text{ et } b \text{ étant finis}),$$

la fonction $\varphi(h)$ étant une fonction entière.

On aura

$$u(x) = \int_a^b \frac{1+h^2}{\lambda+h^2} \varphi(h) \cos(hx)\, dh,$$

et cette fonction de λ possède deux points critiques $\lambda = -a^2$ et $\lambda = -b^2$, et est holomorphe dans le voisinage de tout autre point.

6. Si l'on revient au paramètre μ figurant dans l'équation (2), la partie de l'axe réel comprise entre $\frac{1}{4\pi}$ et $+\infty$ est, suivant l'expression employée par M. Hilbert dans ses profondes études sur les formes quadratiques, *un spectre continu* correspondant au noyau $e^{-|x-\xi|}$ et à l'intervalle $(-\infty, +\infty)$. Mais ce spectre peut n'avoir qu'une relation lointaine avec les singularités de la solution de l'équation intégrale (2), regardée comme fonction du paramètre μ. Les exemples précédents ont, en effet, montré que ces singularités dépendent de la fonction $f(x)$ qui figure dans le second membre. Nous sommes loin ici du cas de l'équation intégrale *régulière* de Fredholm, où la fonction placée dans le second membre n'a pas d'influence sur la position des singularités qui sont toujours des pôles.

PATHOLOGIE. — *Résistance des chèvres et des moutons aux trypanosomiases; longue durée de l'immunité acquise à la suite de ces maladies.* Note de M. A. **Laveran.**

La chèvre et le mouton sont sensibles à la plupart des trypanosomiases, mais ces infections prennent souvent chez eux des formes légères qui se terminent par guérison, alors que, chez beaucoup d'autres espèces animales, la terminaison est toujours mortelle.

Les symptômes sont peu apparents. Au début de l'infection il se produit souvent des poussées fébriles, mais ces poussées passeraient inaperçues, dans la plupart des cas, si l'on ne prenait pas la température des animaux d'une façon régulière. Les trypanosomes sont rares ou très rares dans le sang, si bien que l'examen histologique du sang fait par le procédé ordinaire ne

révèle pas, en général, leur présence, et qu'il est nécessaire pour constater l'infection d'avoir recours aux animaux d'épreuve.

La durée de l'infection, toujours longue, varie dans des limites assez étendues.

De deux chèvres inoculées avec *Tr. gambiense*, l'une était guérie au bout de 4 mois $\frac{1}{2}$, l'autre était encore infectée au bout de 21 mois. Chez un bouc, l'infection par le même trypanosome a duré 6 mois environ et s'est terminée comme chez les chèvres, par guérison.

Un même animal résiste souvent à des infections successives par différents trypanosomes.

Une chèvre que je possède depuis 1906 a subi des infections successives par *Tr. Pecaudi*, *Tr. Evansi* et *Tr. gambiense;* elle est aujourd'hui complètement guérie et en très bon état.

Un mouton que je possède également depuis 1906 a subi des infections successives par *Tr. Pecaudi*, *Tr. dimorphon* et *Tr. congolense*, il est complètement guéri aujourd'hui de cette dernière infection et en très bon état.

On trouvera plus loin un court résumé des observations de ces deux animaux.

Les chèvres et les moutons qui sont guéris d'une infection par un trypanosome donné, ont généralement l'immunité pour ce trypanosome. Il arrive qu'une réinoculation par le même trypanosome est suivie d'une rechute, mais il s'agit alors d'infections légères qui guérissent rapidement et à la suite desquelles l'immunité est définitivement acquise. J'ai observé plusieurs fois ce fait dans les infections dues à *Tr. congolense*.

Le même animal peut, à la suite d'infections successives, acquérir l'immunité pour plusieurs trypanosomiases.

Le fait que les chèvres et les moutons résistent bien aux trypanosomiases et acquièrent l'immunité pour ces maladies, rend ces animaux précieux pour l'identification, souvent difficile, des trypanosomes. Les Bovidés peuvent rendre les mêmes services, mais ils sont beaucoup plus coûteux d'achat et d'entretien et plus encombrants que les chèvres et les moutons.

L'immunité acquise est de longue durée chez la chèvre et chez le mouton.

Une chèvre guérie d'une infection par *Tr. Pecaudi* et ayant acquis l'immunité pour ce virus est inoculée le 27 septembre 1907, avec *Tr. Evansi* (virus de Maurice). Le 24 janvier 1908, la chèvre est guérie. Le 14 mars 1908, la chèvre est réinoculée avec *Tr. Evansi;* elle ne se réinfecte pas; elle a donc acquis l'immunité pour le Surra.

Le 16 juillet 1909, la chèvre est inoculée avec *Tr. gambiense;* elle s'infecte. Au

mois de février 1910, la chèvre est guérie de cette nouvelle infection et elle possède l'immunité pour *Tr. gambiense*.

Le 14 mai 1910, je réinocule la chèvre avec *Tr. Evansi;* à la suite de cette inoculation, on n'observe aucun phénomène morbide ; la température reste normale et un chien qui a reçu, le 30 mai, 30^{cm^3} du sang de la chèvre dans le péritoine ne s'infecte pas. La chèvre est en très bon état.

2 ans et 4 mois après guérison de son infection par *Tr. Evansi* la chèvre avait donc encore l'immunité pour ce virus malgré l'infection postérieure par *Tr. gambiense*.

Un mouton guéri d'une infection par *Tr. Pecaudi*, et ayant acquis l'immunité pour ce trypanosome, est inoculé le 3 novembre 1906 avec *Tr. dimorphon;* il s'infecte.

Le 3 juin 1908, le mouton est guéri de son infection par *Tr. dimorphon* et il possède une immunité solide pour ce virus ; 2 réinoculations restent sans effet.

Le 16 décembre 1908, le mouton est inoculé avec *Tr. congolense;* il contracte une infection bien caractérisée qui persiste jusqu'au mois de septembre 1909 ; le 16 novembre 1909, il est guéri.

Les 11 et 15 avril 1910, après avoir constaté que le mouton a acquis une immunité solide pour *Tr. congolense*, je le réinocule avec *Tr. dimorphon*, la première fois sur souris, la seconde fois sur cobaye, afin de constater si l'immunité pour *Tr. dimorphon* persiste. Ces deux réinoculations faites cependant avec de grandes quantités de virus restent sans effet. A la date du 1er septembre 1910, le mouton est en très bon état; il pèse 45^{kg}, alors que le poids au mois de septembre 1906 était seulement de 25^{kg}.

On voit que ce mouton avait conservé son immunité pour *Tr. dimorphon* 22 mois après guérison d'une infection par ce trypanosome et bien qu'il eût subi, postérieurement, une longue infection par un autre trypanosome.

Le sérum des chèvres et des moutons qui, à la suite d'une infection par un trypanosome, ont acquis l'immunité pour ce trypanosome, conserve pendant longtemps son activité quand on l'expérimente en mélange avec le sang virulent.

Un bouc est inoculé le 23 juin 1908 avec *Tr. dimorphon;* le 20 mai 1909, le bouc est guéri et il a l'immunité pour ce virus. Le 31 octobre 1910, le bouc est saigné et son sérum est essayé le 2 novembre sur des souris, en mélange avec du sang riche en *Tr. dimorphon;* je constate qu'à la dose de $0^{cm^3},25$ le sérum est très actif et empêche l'infection des souris.

Le sérum du bouc a donc conservé son activité 1 an et 5 mois après guérison de l'infection par *Tr. dimorphon*.

Le mouton dont l'observation est résumée plus haut, inoculé avec *Tr. dimorphon*

le 3 novembre 1906, guéri de cette infection depuis le mois de juin 1908 et ayant l'immunité, est saigné le 20 décembre 1910, et son sérum est essayé sur des souris en mélange avec du sang riche en *Tr. dimorphon*. Je constate que le sérum employé dans ces conditions protège les souris à la dose de $0^{cm^3},25$.

Injecté, même à la dose de 1^{cm^3}, 24 heures après l'inoculation de *Tr. dimorphon* à la souris, le sérum n'empêche pas l'infection de se produire.

In vitro le sérum est sans action sur *Tr. dimorphon*.

Le sérum du mouton est donc resté actif, en mélange, 2 ans et 6 mois après guérison de l'infection par *Tr. dimorphon*.

Il ne paraît pas douteux que cette activité persistante du sérum des moutons et des chèvres guéris d'une trypanosomiase soit en rapport avec l'immunité que possèdent ces animaux pour cette trypanosomiase.

Par suite de la résistance que les chèvres et les moutons possèdent pour les trypanosomiases et de l'immunité durable qui leur est conférée par une première atteinte souvent légère de ces maladies, l'élevage de ces animaux peut réussir dans des pays où les trypanosomiases sont endémiques. Certaines races sont plus résistantes que d'autres; il y aurait lieu d'étudier pour chaque région contaminée quelles sont les races de chèvres ou de moutons qui résistent le mieux et qui, par suite, doivent être préférées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés chimiques probables du radium et de ses combinaisons.* Note de M. DE FORCRAND.

Le Tableau que je viens de publier (¹) pour les chaleurs de dissolution et de formation des sels haloïdes et des oxydes des métaux alcalins et alcalino-terreux permet de classer ces éléments dans l'ordre suivant : calcium, lithium, strontium, baryum, sodium, potassium, rubidium, cæsium.

J'ai fait remarquer que c'est dans cet ordre que, pour le même métalloïde, les chaleurs de dissolution et de formation augmentent ou diminuent régulièrement.

Il est d'ailleurs à noter que cet ordre se conserve lorsqu'on étudie d'autres propriétés et d'autres combinaisons de ces métaux.

Ainsi, malgré l'insuffisance et l'incertitude de quelques données, les sulfures semblent bien avoir, comme les oxydes, des chaleurs de dissolution croissantes et des chaleurs de formation décroissantes du calcium au cæsium et les séléniures paraissent encore obéir aux mêmes lois. Les quelques

(¹) *Comptes rendus*, 3 janvier 1911.

nombres que nous connaissons relativement aux hydrures et aux carbures classent encore ces métaux dans ce même ordre.

On sait en outre que l'affinité de l'oxyde, soit pour l'oxygène, soit pour l'eau, soit pour le gaz carbonique, augmente progressivement dans ce sens.

La solubilité des fluorures, des oxydes et, malgré quelques irrégularités, des carbonates varie de la même manière; et des observations analogues peuvent être faites pour les variations de solubilité de la plupart des sels haloïdes et des carbonates de ces métaux soit dans l'alcool, soit dans l'acide chlorhydrique; l'aptitude à former des fluorhydrures de fluorures de plus en plus stables s'accuse encore dans le même sens.

D'autre part, le peu qu'on sait des propriétés du radium et de ses composés permet de le placer, comme l'avait fait Curie dès le début, à la suite du baryum, et de le considérer, avec son poids atomique 226,5, comme le plus pesant des alcalino-terreux. Son bromure est isomorphe avec le bromure de baryum; les deux azotates ont la même solubilité; le chlorure de radium est un peu moins soluble dans l'alcool et dans l'acide chlorhydrique que le chlorure de baryum, et le carbonate paraît un peu plus stable que le carbonate de baryum.

Enfin M^me^ Curie et M. Debierne nous ont appris récemment (¹) que le métal pouvait être obtenu par un procédé calqué sur celui qu'a suivi M. Guntz pour préparer le baryum, que le métal fond vers 700°, qu'il forme directement un azoture, qu'il décompose l'eau à froid en donnant une base soluble.

Ces faits, rapprochés de ceux que j'ai indiqués, ne laissent pas de doute sur la place à attribuer au radium dans le Tableau que j'ai publié. Il doit y figurer entre le baryum et le sodium.

Et comme les nombres que j'ai donnés sont justement assez voisins pour ces deux derniers métaux, on pourra connaître approximativement, par un simple calcul de moyenne, les données thermochimiques caractéristiques du radium, et écrire (²):

	Chlorure.		Bromure.		Iodure.		Fluorure.		Oxyde.	
$\frac{Ra}{2}$..	+ 0 + 98,5	+ 98,5	+ 1 + 90	+ 91,0	+ 3,2 + 75,8	+ 79,0	− 0,8 +112,8	+112,0	+23,0 +56,6	+79,6

(¹) *Comptes rendus*, t. **151**, 5 septembre 1910, p. 523.

(²) Je rappelle que le premier nombre de chaque série est la chaleur de dissolution, le second la chaleur de formation du composé solide et le troisième celle du composé dissous, à partir du métal solide et du métalloïde gazeux.

En particulier, la chaleur de dissolution du chlorure serait sensiblement nulle, et par suite sa solubilité à peu près indépendante de la température.

Quant à la solubilité, vers $+15^\circ$, de ces divers composés, elle peut être évaluée, par le même moyen, aux valeurs suivantes :

	Parties p. 100 d'eau.
Chlorure	35 à 36
Bromure	100 environ
Iodure	180 »
Fluorure	1 à 2
Oxyde	10 à 20

La décomposition de l'eau (employée en grand excès) par le radium métallique, doit donner un dégagement de chaleur compris, entre $+46,25\left(\frac{Ba}{2}\right)$ et $+44,1$ (Na), soit à peu près $+45^{Cal}$ pour $\frac{Ra}{2}$, avec dégagement, à froid, d'hydrogène, et formation d'un oxyde qui doit être en effet soluble (un peu plus que BaO, un peu moins que Na^2O).

On peut encore prévoir que l'oxyde fournira une base puissante $Ra(OH)^2$ en s'unissant à l'eau; que cette base sera un peu plus stable que $Ba(OH)^2$, mais un peu plus facilement dissociable que $NaOH$; que ce même oxyde anhydre RaO doit se suroxyder aisément au rouge, comme le font BaO et Na^2O, en donnant un bioxyde RaO^2 assez stable, dont la chaleur de formation sera d'environ $+19^{Cal}$ à partir de RaO et de O; qu'il s'unira aussi à CO^2 pour fournir un carbonate, avec un dégagement de chaleur voisin de $+70^{Cal}$ pour CO^2, c'est-à-dire un carbonate à peine décomposable partiellement au rouge vif.

Ce que nous savons sur les hydrures de baryum et de sodium, et sur leur stabilité, nous autorise encore à penser que le métal donnera directement avec l'hydrogène un hydrure RaH^2, d'une stabilité intermédiaire mesurée par le nombre $+17^{Cal},7$ pour H. Cet hydrure sera décomposable vers $+900^\circ$, et il réagira évidemment sur l'eau à froid avec dégagement d'hydrogène.

Enfin, d'après nos séries de nombres, et malgré les réserves qu'il est prudent de faire au sujet de la prévision des réactions de cet ordre, il y a lieu de penser que l'action du calcium ou du lithium sur le fluorure, ou encore celle du calcium ou de l'aluminium sur l'oxyde, pourra donner le métal.

Il est à prévoir que les expériences directes de vérification de ces prévisions demeureront, pendant longtemps encore, impossibles ou difficiles.

Justement pour cette raison, des déductions de ce genre me paraissent avoir quelque utilité, parce que, précisant le rôle chimique très probable du nouveau métal et de ses principaux composés, elles permettront d'éviter bien des tâtonnements et des fausses manœuvres dans l'étude de ces précieuses substances.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un de ses Membres qui devra remplacer, dans la deuxième Section de la *Commission technique de la Caisse des Recherches scientifiques*, M. *Maurice Levy*, décédé.

M. G. **Lippmann** réunit l'unanimité des suffrages exprimés.

CORRESPONDANCE.

MM. le **Chancelier** et le **Recteur de l'Université de Saint-Andrews** invitent l'Académie à se faire représenter par un de ses Membres aux fêtes du cinq-centième anniversaire de la fondation de l'Université, qui auront lieu en septembre 1911.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Œuvres inédites de* J. de Romas *sur l'électricité*, publiées par J. Bergonié, avec une Notice par Paul Courteault.

2° Le premier fascicule, Tome I, de la troisième série de la *Naturaleza*.

3° *Ergebnisse des königlich-preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre* 1909. V. Band, herausgegeben von Dr Richard Assmann.

M. **Paul Janet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par le décès de M. *Jules Tannery*.

M. **Bierry** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Sur la variabilité d'éclat de certaines étoiles du type δ Céphée.* Note (¹) de M. M. LUIZET.

L'analyse spectrale a montré que les étoiles variables du type δ Céphée sont des systèmes linéaires. Mais beaucoup parmi elles, qui peuvent être étudiées au point de vue de leurs changements d'éclat, échappent aux investigations du spectroscope à cause de leur peu d'intensité lumineuse; aussi il nous a paru intéressant de chercher à obtenir les éléments orbitaux de ces systèmes doubles sans le secours des mesures des vitesses radiales, et à l'aide des seules courbes d'éclat (²).

Les *Céphéides* peuvent être séparées en deux groupes : Dans l'un entrent les étoiles dont les courbes d'éclat présentent, soit un arrêt dans la diminution de lumière, soit un maximum secondaire; l'autre comprend celles dont les courbes d'éclat ne présentent pas d'accident secondaire. C'est de ces dernières que nous nous occuperons actuellement.

Les courbes d'éclat *régulières* obtenues jusqu'à présent semblent montrer, à première vue, une grande variété dans la forme; mais, en réalité, elles peuvent être rapportées à un petit nombre de *genres* dont voici les traits caractéristiques (le maximum d'éclat M est pris pour origine de la période, et *m* désigne le minimum) :

1ᵉʳ *genre : m* a lieu vers le milieu de la période, et la variation d'éclat est à peu près aussi rapide au voisinage de M que près de *m*. Ex. : ζ Gémeaux. 2ᵉ *genre m* est voisin du milieu de la période, mais la variation est plus rapide au voisinage de *m* que près de M. Ex. : W Grande Ourse. 3ᵉ *genre : m* est encore voisin du milieu de la période, mais la variation est plus rapide vers M que près de *m*. Ex. : W Grande Ourse. 4ᵉ *genre :* La diminution d'éclat est plus lente que l'augmentation. Ex. : XX Cygne. 5ᵉ *genre :* L'augmentation d'éclat est très rapide, tandis que la diminution, assez rapide immédiatement après M, se ralentit de telle sorte que pendant une fraction notable de la période l'éclat est presque constant. Ex. : RR Gémeaux.

Rappelons que les *principales* données spectroscopiques et photométriques qui doivent servir de base à tout essai d'explication de la variation lumineuse des étoiles du type δ Céphée sont les suivantes :

1° Le spectre des Céphéides est toujours unique. 2° La période de résolution de ces

(¹) Reçue dans la séance du 27 décembre 1910.

(²) Les courbes d'éclat sont déduites des courbes de lumière par la transformation des grandeurs stellaires en éclats, à l'aide de la formule de Pogson.

systèmes binaires déduite des mesures de vitesses radiales est *la même* que celle de leurs changements d'éclat. 3° D'après M. Sebastian Albrecht, le maximum et le minimum d'éclat coïncident sensiblement avec les maxima des vitesses radiales négative et positive. 4° Leur variation lumineuse est continue, et, dans une même période, il ne se produit qu'*un seul* maximum et *un seul* minimum.

Après avoir examiné les diverses hypothèses faites pour expliquer la variation de ces étoiles, et rejeté celles qui se trouvaient en contradiction avec l'un quelconque des résultats d'observation, nous avons adopté les suivantes :

1° Le maximum et le minimum d'éclat se produisant au moment du passage du corps lumineux par les nœuds ascendant et descendant, l'éclat *moyen* doit avoir lieu aux extrémités de la corde focale perpendiculaire à la ligne des nœuds.

2° Le corps lumineux est sensiblement sphérique, et par l'action d'une cause extérieure, un milieu résistant, par exemple, la portion de ce corps qui se trouve en avant dans le mouvement orbital est rendue plus lumineuse que celle qui est en arrière.

3° Les deux points de la courbe d'éclat distants d'une demi-période et ayant respectivement comme éclat $M - \varepsilon$ et $m + \varepsilon$ correspondent au périastre et à l'apoastre.

Une méthode de calcul (qui sera exposée dans un travail en préparation) ayant comme base ces trois hypothèses, permet d'obtenir les éléments de l'orbite relative du corps lumineux, sauf cependant la dimension du grand axe et l'inclinaison du plan de l'orbite sur le rayon visuel.

Les éléments que nous obtenons par cette méthode sont comparables à ceux que donne la méthode spectroscopique, ainsi qu'on en peut juger par le Tableau ci-dessous où P est la durée de période, *e* l'excentricité et T l'époque du passage au périastre comptée à partir du maximum d'éclat.

		e.		T.	
	P.	Luizet.	Spectrosc.	Luizet.	Spectrosc.
ζ Gémeaux.........	10,15 j	0,14	0,22	9,8 j	6,4 j
SU Cygne..........	3,85	0,39	0,21	3,7	2,5
T Petit Renard.....	4,44	0,47	0,43	4,2	3,8
δ Céphée...........	5,37	0,30	0,46	5,1	4,8

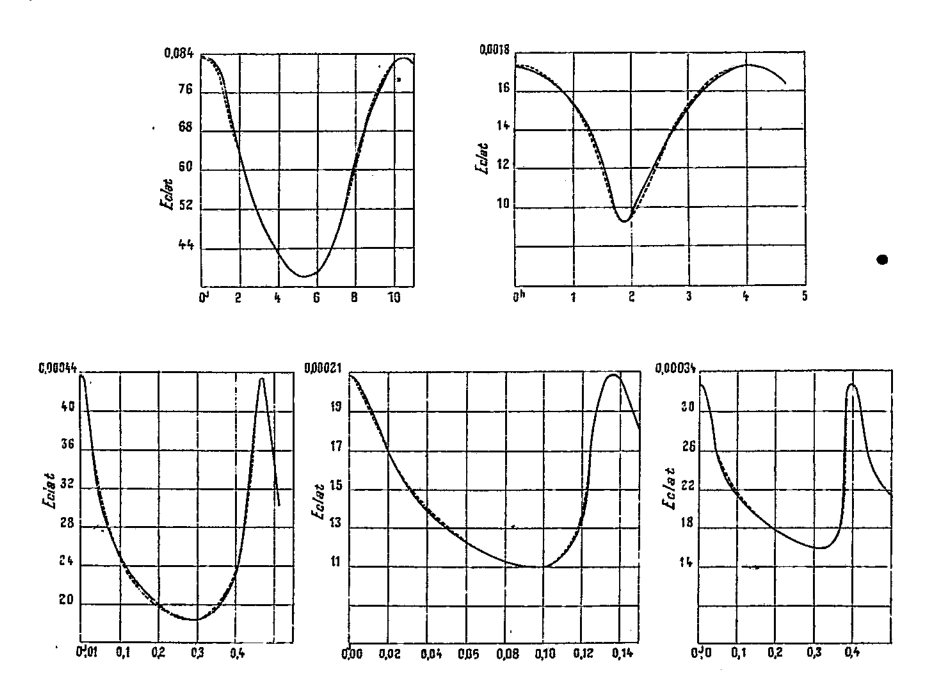
Les différences peuvent être attribuées au peu de précision des courbes d'éclat aussi bien que des courbes de vitesses radiales, imprécision dont il

est facile de se rendre compte en comparant les courbes obtenues par des observateurs différents pour une même étoile.

Lorsqu'on a déterminé les éléments de l'orbite d'une Céphéide appartenant à l'un quelconque des 5 *genres* définis plus haut, on peut calculer sa courbe d'éclat par la formule

$$E = S + S' + (S - S') \cos(\lambda + V),$$

dans laquelle E est l'éclat à un moment donné, 2S et 2S′ les éclats maximum et minimum, λ la longitude du périastre comptée à partir du nœud ascendant et V l'anomalie vraie.



Dans les figures ci-dessus, les *courbes d'éclat calculées* sont représentées par un trait ponctué et les *courbes observées* par un trait plein.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir résolu le problème de la variabilité d'éclat de certaines Céphéides; mais il nous semble qu'il y a plus qu'une simple coïncidence dans la représentation satisfaisante des phénomènes observés à laquelle nous aboutissons. Et si la voie que nous avons suivie était reconnue bonne, la discussion de la formule ci-dessus, où l'éclat E est une fonction implicite du temps, conduirait à des conclusions intéressantes au point de vue cosmogonique.

ASTRONOMIE. — *Sur les diamètres effectifs des étoiles.* Note de M. CHARLES NORDMANN, présentée par M. H. Poincaré.

On n'a obtenu jusqu'ici que des données assez imparfaites au sujet des diamètres des étoiles. Même pour celles dont les parallaxes sont connues, on était réduit à des estimations seulement approximatives à cause de l'ignorance où l'on était des éclats intrinsèques des surfaces stellaires. En supposant pour toutes les étoiles cet éclat intrinsèque égal à celui du Soleil, on a déterminé ainsi ce que M. Charles André appelle les *diamètres équivalents en lumière* de quelques-unes d'entre elles (voir ANDRÉ, *Astronomie stellaire*, passim). Ces *diamètres équivalents* sont évidemment d'autant plus éloignés des diamètres réels que la température de l'étoile diffère davantage de celle du Soleil. Pour donner une idée des erreurs auxquelles on était exposé en supposant égaux à l'unité les éclats intrinsèques de toutes les étoiles, il me suffira de rappeler, ainsi que je l'ai établi récemment (*Comptes rendus*, 14 mars 1910) que l'éclat intrinsèque de Véga, par exemple, est *au moins* 43 fois plus grand que celui d'Aldébaran.

Il est possible d'obtenir une approximation nouvelle dans la détermination des diamètres stellaires en introduisant ce que j'ai appelé leurs *éclats intrinsèques effectifs*, quantités qu'on calcule facilement (*loc. cit.*) en partant des températures effectives stellaires déterminées au moyen de mon photomètre stellaire.

Soit donc la relation que j'ai indiquée récemment (*Comptes rendus*, 7 novembre 1910), qui lie les demi-diamètres $R_\star$ et $R_\odot$ d'une étoile et du Soleil, à leurs grandeurs photométriques $g_\star$ et $G_\odot$, à leurs distances à la Terre $d_\star$ et $d_\odot$, et à leurs éclats intrinsèques effectifs $E_\star$ et $E_\odot$. Cette relation donne

$$\log\frac{R_\star}{R_\odot} = \log\frac{d_\star}{d_\odot} - \left[\frac{1}{5}(g_\star - G_\odot) + \frac{1}{2}\log\frac{E_\star}{E_\odot}\right].$$

J'appellerai $R_\star$ le *demi-diamètre effectif* de l'étoile, par analogie avec l'expression de *température effective :* il est évident que le diamètre effectif ainsi déterminé constitue une valeur beaucoup plus approchée du diamètre réel que ne l'était le *diamètre équivalent en lumière*.

On a indiqué dans le Tableau ci-après les valeurs ainsi obtenues de $\frac{R}{R_\odot}$ pour 10 étoiles de parallaxes connues et qui ont fait l'objet de mesures à mon photomètre hétérochrome. On a indiqué en regard les grandeurs stellaires

de ces étoiles (d'après la *Revited Harvard Photometry*), leurs parallaxes d'après l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* et le *Catalogue* récent de M. Bigourdan, leurs températures effectives d'après mes mesures (j'ai mis en chiffres gras celles qui sont inédites) et les valeurs de $\log \frac{E_\star}{E_\odot}$. On a adopté pour la grandeur stellaire du Soleil — 26,83 qui résulte des mesures les plus récentes de Harvard College et est en bon accord avec la moyenne des meilleurs résultats antérieurs.

Étoile.	Grandeur stellaire $g_\star$.	Parallaxe.	Température effective.	$\log \frac{E_\star}{E_\odot}$.	Demi-diamètre effectif $\frac{R_\star}{R_\odot}$.
Sirius..........	−1,58	0″,37	12200°	1,291	1,13
Procyon........	+0,48	0,30	**6810**	0,494	1,35
Aldébaran......	+1,06	0,15	3500	$\bar{2}$,853	13,50
Capella........	+0,21	0,12	**4720**	$\bar{1}$,819	8,26
Véga..........	+0,14	0,12	12200	1,291	1,57
γ Cygne........	+2,32	0,10	5620	0,119	0,92
α Persée.......	+1,90	0,08	**8300**	0,805	1,83
Polaire........	+2,12	0,07	8200	0,786	1,93
β Andromède...	+2,37	0,07	**3700**	$\bar{1}$,031	13,0
β Persée.......	+2,10	0,05	13800	1,418	1,29

Voici quelques-unes des remarques qui se dégagent de ces résultats :

Les étoiles dont la température effective est supérieure à celle du Soleil ont des diamètres plus faibles qu'on ne le croyait lorsqu'on ne tenait pas compte des variations de l'éclat intrinsèque avec la température. Le contraire a lieu pour les étoiles plus froides que le Soleil.

Sirius, à qui l'on avait toujours attribué un diamètre extrêmement supérieur à celui du Soleil à cause de son éclat global plus considérable, a au contraire des dimensions à peine supérieures à celles du Soleil. Le contraire a lieu pour Aldébaran, dont le *diamètre équivalent en lumière* était notablement inférieur à celui de Sirius, alors que son diamètre effectif est en réalité de beaucoup supérieur et en fait une étoile géante dont les dimensions dépassent celles du Soleil dans un rapport plus grand encore que celles-ci ne dépassent celles de Jupiter.

Il ressort du Tableau précédent qu'Aldébaran est non seulement la plus grosse des étoiles étudiées, mais aussi celle dont le diamètre apparent est le plus grand : ce diamètre apparent, d'après ce qui précède, est voisin de 0″018, et il faudrait un objectif ou un miroir de près de 6^m de diamètre pour pouvoir le déceler directement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une formule d'interpolation établie en vue des applications pratiques*. Note [1] de M. LE FORT, présentée par M. H. Poincaré.

La formule d'interpolation de Newton est basée sur le recours aux éléments du Tableau des différences des valeurs que prend une fonction donnée y pour des valeurs de la variable x en progression arithmétique. Dans le Tableau des différences utilisé, on a

$$\Delta_j y_p = \Delta_{j-1} y_{p+1} - \Delta_{j-1} y_p.$$

Dans la pratique de l'interpolation, on ne forme pas entièrement le Tableau des différences correspondant à toutes les valeurs considérées de la fonction, mais on s'arrête aux différences d'un certain ordre, n, conservant les $(n+1)$ premiers termes de la formule; autrement dit, pour $x_p < x < x_{p+1} = x_p + r$, on tient compte de $(n+1)$ valeurs de la fonction, correspondant aux valeurs x_p, $x_p + r$, . . ., $x_p + (n-1)r$ de la variable. Si maintenant on écrit les valeurs de x et y en ordre inverse et procède de nouveau à l'interpolation dans l'intervalle $(x_p + r, x_p)$, la formule de Newton tiendra compte des valeurs de la fonction correspondant aux valeurs $x_p + r$, x_p, $x_p - r$, . . ., $x_p - (n-1)r$ de x. Cette formule donne donc des résultats différents, lorsqu'on n'écrit pas le Tableau entier des différences, suivant que l'on attaque par une extrémité ou par l'autre les suites de valeurs correspondantes de x et y. Nous allons donner une formule qui ne présente pas cet inconvénient (susceptible parfois d'une certaine gravité) et qui peut être instantanément reconstituée.

Adoptons pour la formation du Tableau des différences la notation

$$\Delta_k y_q = \Delta_{k-1} y_{q+\frac{1}{2}} - \Delta_{k-1} y_{q-\frac{1}{2}},$$

c'est-à-dire

$$\begin{aligned} \Delta_{2j+1} y_{p+\frac{1}{2}} &= \Delta_{2j} \ y_{p+1} - \Delta_{2j} \ y_p, \\ \Delta_{2j} \ y_p &= \Delta_{2j-1} y_{p+\frac{1}{2}} - \Delta_{2j-1} y_{p-\frac{1}{2}}, \end{aligned}$$

j et p étant des nombres entiers; nous formerons ainsi, en quinconce, des Tableaux de différences en forme de triangle isoscèle.

---

(1) Présentée dans la séance du 27 décembre 1910.

Si nous prenons les suites des x et y en sens inverse, les mêmes quantités se retrouvent symétriquement, avec changement de signe, toutefois, pour les différences d'ordre impair.

Pour interpoler dans un intervalle (x_p, x_{p+1}), nous considérerons les seules différences d'ordre pair (indépendantes du sens de présentation du Tableau) des lignes de rangs p et $(p+1)$, c'est-à-dire les $\Delta_{2j}y_p$ et $\Delta_{2j}y_{p+1}$, avec $0 \leqq j \leqq n-1$ $(\Delta_0 y_p = y_p)$, pour opérer sur $2n$ éléments, tenant ainsi compte de $2n$ valeurs de y, $y_p - nr$, $y_p - (n-1)r$, ..., y_p, y_{p+1}, ... $y_{p+1} + nr$. (Il serait évidemment peu logique de tenir compte d'un nombre impair de valeurs de la fonction; la forme du Tableau indiquée le fait ressortir.) Nous réaliserons l'interpolation à l'aide d'un polynome en x, de degré $(2n-1)$, linéaire par rapport aux Δ, somme de $2n$ éléments dont chacun sera le produit de l'un des Δ par un polynome en x de degré $(2n-1)$ au plus. Le coefficient $\Delta_{2j}y_p$ est le même que si les $(2n-1)$ autres Δ étaient nuls : c'est un polynome dont tous les $\Delta_{2k}y_p$ et $\Delta_{2k}y_{p+1}$ sont nuls pour $k > j$, de degré $(2j+1)$ par conséquent, et dont le Tableau des différences s'établit par reconstitution ascendante, en partant des deux lignes de rangs p et $(p+1)$.

Le coefficient de $\Delta_{2j}y_p$, de degré $(2j+1)$, devant être égal à 1 pour la valeur $x_p - jr$ de x et égal à zéro pour les $(2j+1)$ valeurs $x_p - (j-1)r$, ..., x_p, x_{p+1}, ..., $x_{p+1} + jr$, ou $(x_{p+1} - jr)$ à $(x_{p+1} + jr)$, s'écrit évidemment

$$-\frac{(x - x_{p+1} + jr)(x - x_{p+1} + \overline{j-1}\,r)\dots(x - x_{p+1} - jr)}{(2j+1)!\,r^{2j+1}};$$

on établit de même la forme du terme en $\Delta_{2j}y_{p+1}$, et l'on obtient la formule très symétrique

$$y = \sum_0^{n-1} \frac{\Delta_{2j}y_{p+1}}{r^{2j+1}} \frac{(x - x_p + jr)(x - x_p + \overline{j-1}\,r)\dots(x - x_p - jr)}{1.2\dots(2j+1)}$$
$$- \sum_0^{n-1} \frac{\Delta_{2j}y_p}{r^{2j+1}} \frac{(x - x_{p+1} + jr)(x - x_{p+1} + \overline{j-1}\,r)\dots(x - x_{p+1} - jr)}{1.2\dots(2j+1)},$$

les termes correspondant à $j = 0$ s'écrivant $\frac{y_{p+1}}{r}(x - x_p)$ et $-\frac{y_p}{r}(x - x_{p+1})$.

On reconnaît de suite que la formule n'est pas altérée lorsqu'on prend en sens inverse les suites des x et y, l'échange se faisant entre les indices p et $(p+1)$, et $r = x_{p+1} - x_p$ changeant de signe.

On peut donner à cette formule diverses formes; notamment si l'on

pose $\frac{x - x_p}{r} = \lambda$, on obtient la formule dissymétrique

$$y = \sum_0^{n-1} \frac{(\lambda + j - 1)(\lambda + j - 2)\ldots(\lambda - j)[(\lambda + j)\Delta_{2j} y_{p+1} - (\lambda - j - 1)\Delta_{2j} y_p]}{(2j+1)!},$$

laquelle donne, pour $\lambda = \frac{1}{2}$, par une transformation facile,

$$y = \sum_0^{n-1} \frac{(-1)^j C_{2j}^j}{2^{4j+1}} (\Delta_{2j} y_p + \Delta_{2j} y_{p+1}).$$

Développée et limitée à ses premiers termes, cette formule devient

$$y = \frac{y_p + y_{p+1}}{2} - \frac{\Delta_2 y_p + \Delta_2 y_{p+1}}{16} + \frac{3(\Delta_4 y_p + \Delta_4 y_{p+1})}{256} - \ldots;$$

en ne prenant que les deux premiers termes, on est conduit à l'énoncé particulier ci-après, spécialement utile au point de vue des applications, et qu'on établirait d'ailleurs directement avec la plus grande facilité :

Étant donnée une fonction d'une variable dont on connaît les valeurs pour des valeurs de la variable en progression arithmétique, il suffit, pour interpoler, à l'aide de quatre valeurs consécutives de la fonction, aux demi-intervalles de la variable, de retrancher de la moyenne des deux valeurs voisines de la fonction le $\frac{1}{8}$ de la moyenne des deux différences secondes correspondantes (ou le $\frac{1}{16}$ de leur somme).

AÉRONAUTIQUE. — *De la relation qui existe entre la poussée de l'hélice propulsive en marche et sa poussée au point fixe.* Note (¹) de M. **Ziembinski**, présentée par M. J. Violle.

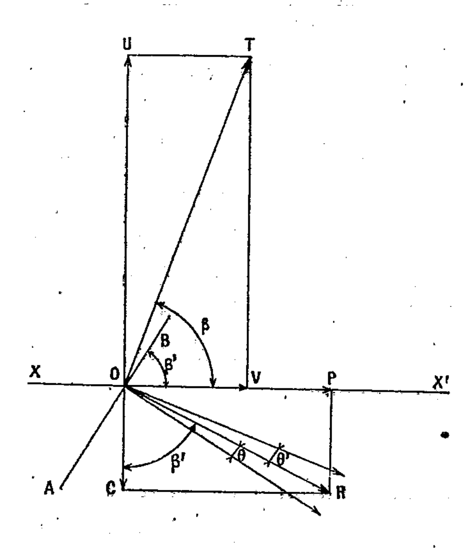
Si la direction de la résistance éprouvée par un élément d'hélice était rigoureusement normale à cet élément, il est bien évident que les deux composantes de cette résistance, l'une parallèle à l'axe de rotation (poussée utile), l'autre perpendiculaire (couple résistant), seraient dans un rapport constant, que l'hélice tourne en marche ou qu'elle tourne au point fixe; il en résulterait que le rapport de la poussée utile totale au couple résistant total serait constant aussi et que par conséquent, pour le même couple mo-

(¹) Présentée dans la séance du 3 janvier 1911.

teur équilibrant le couple résistant, la poussée utile serait toujours la même. Dans le cas où le couple moteur serait variable, la poussée de l'hélice varierait toujours dans la même proportion que ce couple.

Mais la direction de la résistance éprouvée par un élément plan analogue à une aile d'hélice rectifiée, exposée, sous différentes incidences, à un courant d'air régulier, s'écarte plus ou moins de la position normale, ainsi que l'a montré M. Eiffel dans les remarquables recherches qu'il a effectuées dans son laboratoire d'aérodynamique. Il a montré que pour de très petites incidences la résistance s'incline vers l'arrière de la normale, tandis qu'elle passe en avant pour des incidences plus grandes :

Soit AB un élément d'hélice situé à une distance de l'axe de rotation déterminée par tang β que l'on prendra successivement égal à 1, 2, 3, ..., 12. La vitesse relative



du fluide par rapport à l'élément considéré sera dirigée suivant TO en marche et suivant UO au point fixe. Pour le premier cas la direction de la résistance éprouvée OR sera déviée sur l'arrière d'un angle θ et pour le second cas sur l'avant d'un angle θ'.

Nous aurons au point fixe

$$OP' = OC \operatorname{tang}(\beta' + \theta'),$$

et en marche

$$OP = OC \operatorname{tang}(\beta' - \theta).$$

Il en résultera, en admettant la constance du couple OC, la relation des poussées élémentaires

$$\frac{OP'}{OP} = \frac{\operatorname{tang}(\beta' + \theta')}{\operatorname{tang}(\beta' - \theta)} = k.$$

En appliquant ce calcul à une aile d'hélice normale à angle d'attaque constant et à largeur constante, nous pourrons obtenir le rapport des poussées totales en nous servant de la méthode de sommation employée par M. Drzewiecki. Nous poserons ainsi

$$K = \frac{\Sigma \varrho\, k r^2}{\Sigma \varrho\, r^2}$$

en donnant à r successivement les valeurs 1, 2, 3, ..., 12 modules. En effectuant ce calcul pour des hélices à angle d'attaque de 2°, 6° et 12°, on trouve le Tableau suivant :

$n =$	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$\alpha = 2°$	1,34	1,48	1,56	1,61	1,63	1,63	1,63	1,62	1,61
$\alpha = 6°$	1,001	1,03	1,13	1,20	1,25	1,28	1,29	1,30	1,30
$\alpha = 12°$	0,85	0,84	0,83	0,83	0,85	0,88	0,91	0,94	0,96

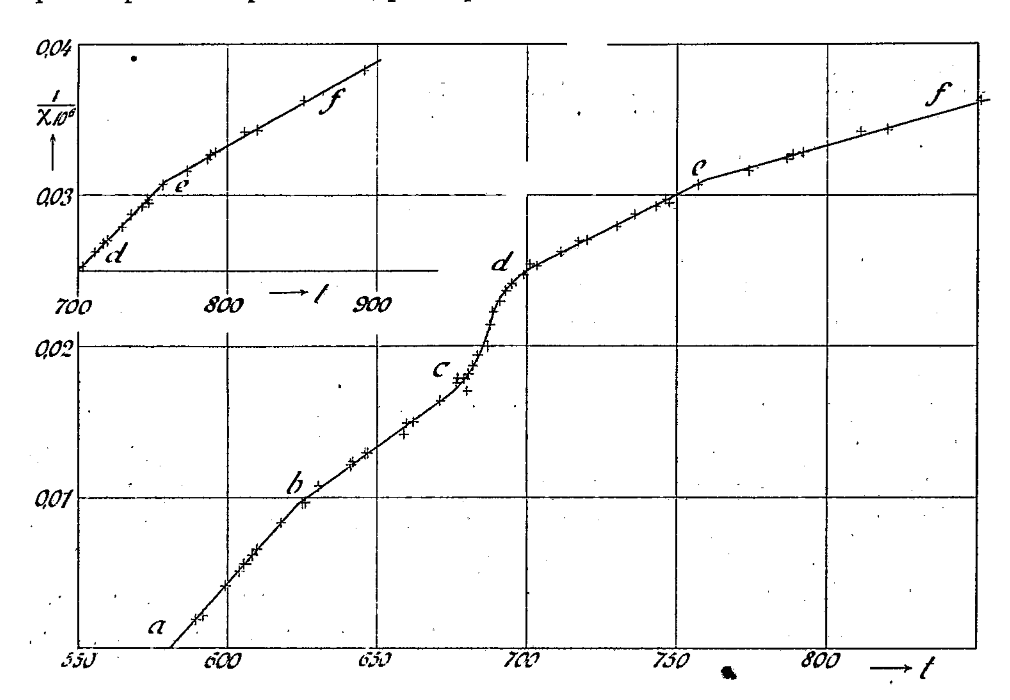
où n représente le nombre de modules contenu dans le rayon de l'hélice considérée. Les chiffres du Tableau indiquent le rapport de la poussée au point fixe à la poussée en marche pour chacune de ces hélices dans le cas du couple moteur constant. Si ce dernier n'était pas le même au point fixe et en marche, il y aurait lieu de multiplier les chiffres de ce Tableau par le rapport des couples pour arriver au rapport réel.

Ceci montre bien qu'on peut avoir avec différentes hélices au point fixe des poussées supérieures, égales ou inférieures à celles prévues pour la marche.

MAGNÉTISME. — *Sur une propriété nouvelle de la molécule magnétique.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

La théorie du champ moléculaire apprend, et l'expérience vérifie, qu'au-dessus du point de disparition du magnétisme fort, ou point de Curie, l'inverse du coefficient d'aimantation spécifique varie linéairement avec l'excès de la température sur celle de ce point. On peut déduire du coefficient angulaire de cette droite, qui n'est autre que l'inverse de la constante de Curie, la grandeur de l'aimantation spécifique à saturation au zéro absolu. Celle-ci est le moment magnétique de la molécule, à un facteur près qui est connu quand on connaît le nombre de degrés de liberté de rotation de la molécule. Et ce dernier nombre ne peut être, pour les molécules peu compliquées des ferromagnétiques, qu'un entier très simple.

M. G. Foëx a fait à ma demande les mesures sur la magnétite. Il a trouvé, entre 600° et 900°, quatre droites consécutives *ab*, *bc*, *de*, *ef* qui sont représentées dans la figure, et auxquelles on peut en joindre une cinquième, tirée des expériences de Curie entre 900° et 1350°. Cette dernière, qui n'a pas été représentée, passe par le zéro absolu.



Ces cinq droites caractérisent cinq états de la magnétite. L'idée qui se présente d'abord pour les expliquer est d'admettre des polymérisations, de telle sorte qu'à la quantité de matière représentée par le symbole Fe^3O^4 correspondent différents nombres de degrés de liberté de rotation, le moment magnétique restant invariable. Mais les rapports entre les nombres de degrés de liberté ainsi trouvés ne sont guère exprimables, au degré de précision des expériences, par des entiers très simples, et de plus les molécules devraient avoir des masses plus grandes aux températures plus élevées, ce qui est extrêmement improbable.

Si, au contraire, en admettant une molécule de masse invariable et d'architecture déterminée, conservant les mêmes degrés de liberté, on calcule la valeur de l'aimantation spécifique à saturation au zéro absolu au moyen des cinq droites successivement, on trouve cinq valeurs qui sont entre elles dans les rapports 4 : 5 : 6 : 8 : 10. Dans la figure on a porté les

points déterminés *expérimentalement* et tracé les quatre droites correspondant aux rapports simples (les deux dernières deux fois avec des échelles différentes pour les abscisses).

Si l'on suppose que la molécule Fe^3O^4 possède quatre degrés de liberté de rotation, on trouve pour la valeur de l'aimantation spécifique au zéro absolu donnée par la première droite 97,7, valeur assez voisine du nombre 95,9 obtenu par les mesures faites dans l'hydrogène liquide avec la collaboration de M. Kamerlingh Onnes. Mais l'existence des rapports simples est indépendante de ce dernier rapprochement.

On est donc amené à admettre qu'à certaines températures *le moment magnétique de la molécule croît brusquement d'une quantité déterminée qui est une fois, ou deux fois, le quart du moment magnétique de la molécule aux basses températures.*

On peut supposer que la production de cette partie aliquote du moment magnétique moléculaire consiste soit dans la variation de la grandeur, soit dans la variation de la distance des pôles. La parenté est évidente entre ce dernier mécanisme et celui par lequel Ritz (¹) a réussi à expliquer la production des spectres en séries.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la définition de l'entropie et de la température. Les systèmes monocycliques.* Note de M. L. **Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Communication (²) j'ai considéré, sous le nom de *systèmes partiellement conservatifs,* des systèmes matériels à deux catégories de paramètres (q et x) tels que la portion $w = \Sigma B x'_i x'_j$ de leur force vive totale soit constamment égale, en vertu des équations du mouvement, à une fonction donnée $F(q, x)$ des paramètres q et x. Examinant ensuite le cas particulier où les x ne figurent dans la fonction $F(q, x)$ et dans l'énergie potentielle interne $U(q, x)$ que par l'intermédiaire d'une même fonction $\sigma(x)$, j'ai montré qu'en posant :

$$\Theta = \frac{\partial(F + u)}{\partial \sigma}, \tag{1}$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 178.
(²) *Comptes rendus*, 5 décembre 1910, p. 1044.

la quantité $\Delta\Omega = \Sigma X\, dx$, qui représente la portion du travail extérieur relative aux paramètres x, peut se mettre sous la forme

$$(2) \qquad \Delta\Omega = \Theta\, dS(\Theta, q),$$

$S(\Theta, q)$ désignant une fonction identiquement égale à $\sigma(x)$

$$(3) \qquad \sigma(x) = S(\Theta, q).$$

Si, avec Helmholtz, on assimile $\Delta\Omega$ à la chaleur absorbée par le système, la relation (2) exprime le principe de Carnot-Clausius pour les transformations compensées, la fonction S jouant le rôle d'entropie et Θ celui de la température.

Ce résultat conduit aux remarques suivantes :

I. L'une ou l'autre des fonctions σ ou S peut représenter l'entropie du système, puisque ces deux quantités sont constamment égales; mais, tandis que S se présente comme fonction de la température et des paramètres sensibles, σ est une fonction des seuls paramètres cachés.

La fonction S n'est autre que l'entropie classique. Quant à σ, elle correspond à l'entropie envisagée comme fonction des paramètres cachés et, pour cette raison, nous lui donnerons le nom d'*entropie interne*, en conservant celui d'entropie, tout court, pour la fonction S.

Le rôle de cette dernière est prépondérant dans les applications thermodynamiques; c'est, au contraire, l'entropie interne qui l'emporte quand il s'agit d'analyser les phénomènes et d'en pénétrer la nature.

II. La fonction Θ, qui joue le rôle de température, étant définie par la relation (1), n'existe qu'autant que $F + U$ ne contient les x que par l'intermédiaire d'une fonction $\sigma(x)$. Cette dernière condition est donc celle qui exprime l'existence d'une température uniforme Θ pour le système considéré.

Nous remarquerons encore qu'on peut exprimer la relation (2) en disant que la fonction Θ est facteur intégrant de la quantité de chaleur élémentaire $d\Omega$.

Cette propriété appartient, plus généralement, à toute expression de la forme $\Theta\psi(S)$. La température ne se trouve donc définie qu'à un facteur près $\psi(S)$, fonction arbitraire de la seule entropie; il en est d'ailleurs nécessairement ainsi de toute définition purement thermodynamique.

On peut se proposer de rechercher à quelle condition la demi-force calorifique $w = F(q, x)$ sera facteur intégrant de $d\Omega$.

Les x ne figurant, par hypothèse, dans F que sous le signe σ, on aura, d'une part, $w = F(\sigma, q) = F(S, q)$ et, d'autre part, en vertu de (1) :

$$\Theta = \frac{\partial(F+U)}{S},$$

puisque $\sigma = S$.

La condition cherchée est donc la suivante :

$$F(S, q) = \frac{\partial(F+U)}{\partial S}\psi(S). \tag{4}$$

III. Helmholtz [1] a considéré sous le nom de *systèmes monocycliques* des systèmes qui ne dépendent que *d'un seul* paramètre caché. Pour de tels systèmes et, moyennant plusieurs hypothèses très restrictives, il avait obtenu une relation de la forme (2).

M. H. Poincaré [2] a montré que dans le cas d'un système monocyclique dont le mouvement caché est oscillatoire harmonique, on peut, en toute généralité, établir une relation telle que (2) exprimant le second principe de la Thermodynamique pour le cas des transformations compensées.

Les résultats que j'ai obtenus permettent de dégager la véritable signification des systèmes monocycliques. *Doit être considéré, en effet, comme monocyclique tout système partiellement conservatif, lorsque les paramètres rapides, quel qu'en soit le nombre, ne figurent dans l'énergie interne totale* F + U *que par l'intermédiaire d'une fonction* $\sigma(x)$ *qui joue alors le rôle de paramètre lent.*

On retrouve d'ailleurs ainsi, par une voie différente, la notion statistique de mouvement moléculaire organisé; le mouvement inorganisé serait celui où, dans les fonctions F et U, les paramètres x se mélangeraient aux paramètres q, au lieu de se rassembler et de se maintenir constamment réunis sous une seule et même fonction, l'entropie interne σ, dont on conçoit dès lors toute l'importance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des groupements fonctionnels sur le spectre de phosphorescence progressive.* Note de MM. **J. de Kowalski** et **J. de Dzierzbicki**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente nous avons démontré que les spectres de phosphorescence progressive dépendent de la constitution du corps organique

(1) Helmholtz, *Ges. Abh.*, t. III, p. 119-202.

(2) H. Poincaré, *Thermodynamique* (2e éd.). Paris, Gauthier-Villars.

étudié. Dans le travail suivant nous avons entrepris l'étude de quelques autres substitués benzéniques pour voir si les règles qu'on peut déduire des études antérieures se confirment d'une manière plus générale. Dans ce but nous avons étudié la phosphorescence progressive des corps suivants, et cela toujours en solution alcoolique d'une concentration de 0,05 normale et une très basse température (environ — 190°).

1. Acide benzoïque, C^6H^5COOH; longueurs d'onde en $\mu\mu$: 416, 405, 391, 379, 366.

2. Les trois acides toluiques, $CH^3C^6H^4COOH$; longueurs d'ondes en $\mu\mu$: acide *o*-toluique 404, 392, 379, 367; acide *m*-toluique 425, 412, 400, 386, 374; acide *p*-toluique 424, 410, 398, 384, 373.

3. Les trois acides isomères amidobenzoïques donnent des spectres de phosphorescence très flous. Nous retrouvons ici l'influence déjà remarquée ultérieurement du groupe NH^2, mais on voit très bien que le spectre du substitué ortho s'étend moins vers le rouge que le spectre de deux autres substitués. Le spectre de la combinaison para est beaucoup plus net et fort que celui de la combinaison méta.

4. Les trois acides oxybenzoïques donnent des spectres de phosphorescence si flous, que le spectre de l'acide para, seul, est assez intense et net pour pouvoir être mesuré avec une précision suffisante; les longueurs d'onde correspondant aux bandes du spectre de phosphorescence de cet acide sont les suivantes : 433, 421, 405, 392, 379.

5. Les nitriles aromatiques : nitril benzoïque C^6H^5CN, longueurs d'onde : 451, 441, 431, 421, 412, 405, 395, 387, 381, 379; nitrile *o*-toluique $CH^3C^6H^4CN$, longueurs d'onde : ?, ?, 426, 418, 411, 400, 393, 380, 375; nitrile *m*-toluique $CH^3C^6H^4CN$, longueurs d'onde : 465, 455, 444, 433, 423, 416, 405, 396, 391, 379; nitrile *p*-toluique $CH^3C^6H^4CN$, longueurs d'onde : 460, 452, 445, 429, 422, 415, 402, 395, 389, 377. Les bandes de ce dernier spectre sont plus fines et plus intenses que les bandes du spectre précédent.

De cette nouvelle étude, ainsi que des résultats précédents, nous voyons que, d'après la nature du groupe que nous introduisons dans le noyau du benzène, à la place d'un atome d'hydrogène, le spectre de phosphorescence s'étend vers le rouge ou recule vers le violet. Par analogie avec la nomenclature employée dans la chimie des matières colorantes, nous pouvons nommer les groupements fonctionnels qui font transporter les limites du spectre de phosphorescence progressive vers le rouge, groupements *batho-phosphiques*, et ceux qui reculent la limite du spectre vers le violet, groupements *hypso-phosphiques*.

Comme groupe nettement batho-phosphique, nous pouvons nommer le groupe carboxylé CO OH et le groupe nitrile CN; comme groupe nettement hypsophosphique, le groupe OH et le groupe OCH^3; le groupe CH^3 occupe une place intermédiaire; cependant, dans les poly-substitués, il paraît avoir une action d'autant plus batho-phosphique qu'il est éloigné du groupe voisin.

Cette influence des groupements fonctionnels est caractéristique pour le phénomène de phosphorescence progressive et est différente de l'influence qu'exercent les mêmes groupements sur la fluorescence.

Nous remarquons que les groupes fortement batho-phosphiques sont des groupes négatifs (Haller, Held, Henry et autres). De plus, le groupe CN étant plus fortement négatif que le groupe CO OH, son action batho-phosphique se trouve aussi plus forte. Il y aurait peut-être là un moyen pour pouvoir déterminer la valeur relative des diverses fonctions négatives.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques des alliages aluminium-magnésium*. Note de M. **Witold Broniewski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'étude de la constitution des alliages aluminium-magnésium a donné lieu à un désaccord assez sensible.

M. Boudouard (1901) trouva, sur la courbe de solidification commençante, deux maxima correspondant aux composés Al Mg et $AlMg^2$. L'étude chimique lui montra ces mêmes composés et un composé nouveau Al^4Mg.

M. Grube (1905) ne trouva sur la courbe de fusibilité qu'un seul maximum pouvant correspondre au composé Al^2Mg^3 ou Al^3Mg^4 qui ne sont distants l'un de l'autre que de 3 pour 100. Il admet que c'est le composé Al^3Mg^4 qui se forme.

J'ai étudié la constitution des alliages aluminium-magnésium en me basant sur leurs propriétés électriques, comme je l'avais déjà fait ([1]), pour les alliages aluminium-cuivre et aluminium-argent. Cette étude a été rendue assez difficile par la grande fragilité des portions moyennes des alliages aluminium-magnésium. Les résultats sont exprimés dans les graphiques suivants, formés en prenant pour abscisses le pourcentage des métaux constituants en volume et pour ordonnées les propriétés électriques des alliages correspondants.

La figure 1 se rapporte à la conductivité électrique; la figure 2 au coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100°; la figure 3 exprime dans sa partie supérieure (*a*) le pouvoir thermo-électrique à 0° par rapport au plomb, dans sa partie inférieure (*b*) la variation de ce pouvoir thermo-électrique avec la température; la figure 4 donne la force électromotrice de dissolution dans du chlorure

([1]) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 853; t. 150, 1910, p. 1754. — *Revue de Métallurgie*, t. VII, 1910, p. 341.

d'ammonium par rapport à une électrode en charbon dépolarisée par du bioxyde de manganèse.

Dans les trois premières figures, la ligne continue se rapporte aux échantillons recuits et la ligne en pointillé aux échantillons trempés. Dans la figure 4, la ligne continue et la ligne en pointillé représentent respectivement la force électromotrice maxima et la force électromotrice limite des échantillons recuits.

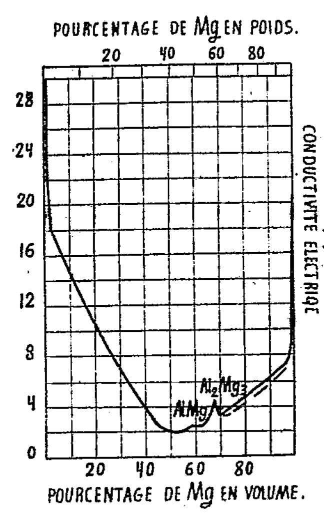


Fig. 1. — Conductivité.

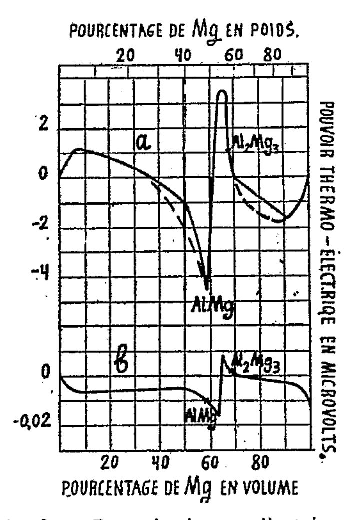


Fig. 3. — Pouvoir thermo-électrique.

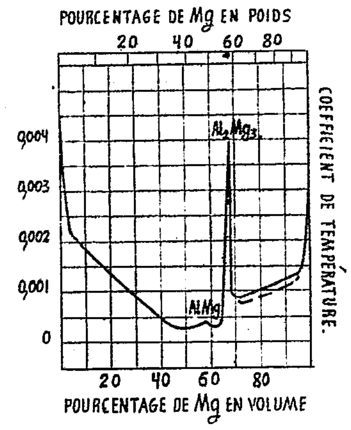


Fig. 2. — Coefficient de température.

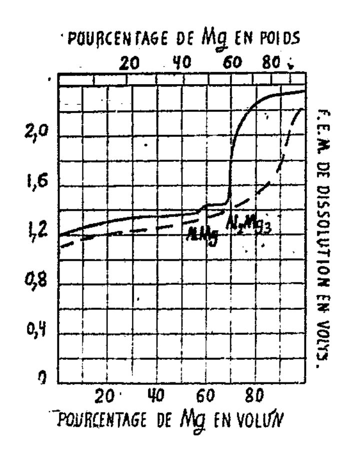


Fig. 4. — Force électromotrice de dissolution.

Ces courbes nous montrent l'existence probable de deux composés définis AlMg et Al^2Mg^3. Les deux composés forment entre eux une solution solide presque continue, ce qui rend difficile leur mise en évidence par l'analyse thermique.

Pour m'assurer que le deuxième composé défini répondait bien à la composition Al^2Mg^3 (et non Al^3Mg^4), comme me l'avaient indiqué mes premières mesures, j'ai préparé une série d'alliages de contrôle dans des creusets en graphite chauffés dans le vide, ce qui évitait complètement la formation de siliciures et d'oxydes. Les résultats obtenus sur ces échantillons, surtout ceux du coefficient de température et de la force électromotrice de dissolution, se montrèrent nettement en faveur du composé Al^2Mg^3.

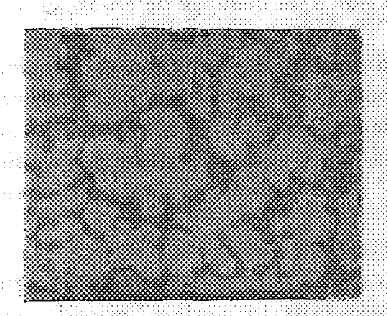


Fig. 5. — Alliage correspondant à la composition Al^4Mg.

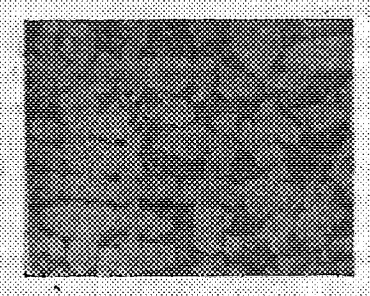


Fig. 6. — Alliage correspondant à la composition $AlMg^2$.

L'existence des composés Al^4Mg et $AlMg^2$ n'a pas été confirmée par l'étude des propriétés électriques des alliages aluminium-magnésium. En outre, les alliages correspondant à ces deux compositions montrent au microscope une structure hétérogène reproduite par les figures 5 et 6 à un grossissement linéaire de 60 après une légère attaque par l'acide azotique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un mode général de préparation de chlorures anhydres*. Note de M. Ed. Chauvenet, présentée par M. H. Le Chatelier.

On connaît aujourd'hui un grand nombre de méthodes générales de chloruration; parmi celles qui ont pour point de départ l'action simultanée du chlore et d'un élément réducteur sur un oxyde, il convient de citer d'abord le procédé d'Œrstedt (¹) qui consiste à faire agir sur un oxyde le chlore et le carbone. S'il est vrai qu'aucun oxyde ne résiste à ce procédé de chloruration, il ne s'applique guère cependant aux chlorures fixes, lesquels se trouveraient toujours mélangés d'un excès de charbon.

D'autres méthodes sont venues modifier d'une façon très heureuse le procédé d'Œrstedt; elles se ramènent, en général, à faire entrer le carbone réducteur dans

(¹) *Over D. vid. Selsks. Forts.*, t. XXV, 1824.

une combinaison gazeuse. C'est ainsi que Demarçay [1] a utilisé l'action réductrice et chlorurante du tétrachlorure de carbone vis-à-vis des oxydes pour préparer certains chlorures anhydres.

Tout récemment M. Camboulives [2] a généralisé la méthode de Demarçay et l'a étendue en outre à l'attaque de certains minéraux.

D'autre part, M. Ribau [3] d'abord, MM. Matignon et Delépine [4] ensuite, ont pu transformer certains oxydes en chlorures par l'action d'un mélange de chlore et d'oxyde de carbone.

Dans le même ordre d'idées, j'ajouterai enfin que MM. Matignon et Bourion [5] ont imaginé un procédé qui diffère de la méthode d'Œrstedt en ce que le carbone est remplacé par le soufre comme élément réducteur. C'est ainsi que ces savants ont pu préparer un grand nombre de chlorures anhydres par l'emploi du mélange du chlore et de bichlorure de soufre, et que M. Bourion [6] a modifié la méthode précédente en utilisant le protochlorure de soufre seul.

Malgré les avantages que peuvent offrir les différents procédés que je viens de décrire, ils nécessitent tous cependant le réglage simultané des appareils producteurs des gaz. Il y a quelques années, j'avais indiqué la préparation du chlorure de thorium au moyen de $CO\,Cl^2$ [7]; j'avais utilisé dans ce but les bombes de phosgène que le commerce livre aujourd'hui. Les résultats très satisfaisants que j'avais constatés dans cette opération (en effet, le chlorure de thorium obtenu de la sorte est rigoureusement pur) m'avaient laissé espérer que je pourrais arriver très commodément à transformer les oxydes en chlorures anhydres au moyen de l'oxychlorure de carbone. C'est en effet ce que j'ai pu vérifier pour un grand nombre de composés oxygénés.

L'oxyde placé dans une nacelle est disposé dans un tube en verre d'Iéna en communication avec la bombe de phosgène et chauffé sur une grille à analyse. Le courant de $CO\,Cl^2$ doit être très lent, afin que le chlorure anhydre, s'il est volatil, se sublime peu à peu en avant du tube sous forme de cristaux.

On a directement la réaction

$$MO + CO\,Cl^2 = CO^2 + M\,Cl^2.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 104, 1887, p. 111.
(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 175 et 221.
(3) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIX, 1883, p. 14.
(4) *Comptes rendus*, t. 132, 1910, p. 37.
(5) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 631 et 760.
(6) Thèse de Doctorat ès sciences, Paris, 1910.
(7) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1046.

Nature de l'oxyde.	Température approximative de la réaction.	Nature de la combinaison formée.
Anhydride vanadique	350°	$VaCl^4$
» tungstique	350	TuO^2Cl^2
» tantalique	400	$TaCl^5$
» titanique	450	$TiCl^4 + TiO^2Cl^2$
Silice	pas d'attaque	»
Zircone	400	$ZrCl^4$
Thorine	650	$ThCl^4$
Bioxyde d'étain	400	$SnCl^4$
Oxyde de baryum	500	$BaCl^2$
» magnésium	450	$MgCl^2$
» zinc	450	$ZnCl^2$
» glucinium	450	$GlCl^2$
» aluminium	400	Al^2Cl^6
» fer	350	Fe^2Cl^6
» chrome	600	Cr^2Cl^6
» manganèse	450	$MnCl^2$
» nickel	550	$NiCl^2$
» uranium	450	UCl^4
» cérium	600	$CeCl^4$
» yttrium	600	YCl^3
» lanthane	600	$LaCl^3$

On voit que presque toujours la combinaison obtenue est un chlorure au maximum et que la formation d'un oxychlorure est exceptionnelle; d'autre part, les températures d'attaque sont relativement basses puisqu'elles ne dépassent pas 650°.

Il convient de remarquer cependant que cette réaction (comme toutes les autres d'ailleurs dérivées de celle d'Œrstedt) ont un pouvoir chlorurant inférieur à celui du mélange de chlore et de carbone, à cause évidemment de la chaleur de formation exothermique de la combinaison chloro-réductrice dont la décomposition est endothermique.

En résumé, l'emploi de l'oxychlorure de carbone constitue dans l'ensemble un bon mode de préparation des chlorures anhydres à cause des rendements très satisfaisants obtenus notamment pour les chlorures de terres rares, de titane, de zirconium, de chrome, de nickel, etc., et à cause aussi de la commodité de leurs préparations qui exigent peu de surveillance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cétones dérivées des acides toluiques, ortho, méta et para.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. Georges Lemoine.

Le procédé que j'ai fait connaître pour la préparation catalytique des cétones à l'aide de la thorine [1] m'a permis d'obtenir très aisément les cétones dérivées des acides toluiques mélangés avec les acides gras, de même que les cétones fournies par l'acide phénylpropionique et dont il sera parlé dans une autre Communication.

Avec les acides toluiques, ainsi que je l'ai déjà signalé [2], la cétone aromatique symétrique ne se forme pas; la réaction ne comporte que la cétone aromatique mixte et la cétone symétrique grasse *avec un rendement sensiblement théorique* et conformément à l'équation

$$C^6H^4(CH^3)CO.OH + 3RCO.OH = C^6H^4(CH^3)CO.R + RCOR + 2CO^2 + 2H^2O.$$

La séparation des deux cétones est des plus faciles en raison du très grand écart (100° environ) de leurs points d'ébullition. Aussi une seule distillation du produit brut suffit-elle généralement pour donner la cétone aromatique pure.

Malgré la température assez élevée (460°-470°) qu'exige la marche normale de la réaction, les produits de destruction sont en quantité négligeable. Quant aux transpositions moléculaires qui pourraient s'accomplir à ces températures, la netteté des points d'ébullition des cétones obtenues et des points de fusion de leurs semicarbazones me paraît devoir les faire rejeter.

Toutes ces cétones sont des liquides incolores, à odeur agréable : odeur légère de citron pour la série ortho; de fenouil pour la série para; peu caractérisée pour la série méta.

Les semicarbazones s'obtiennent facilement à l'état cristallisé, par la méthode que j'ai décrite [3].

Parmi ces cétones, les seules à ma connaissance qui aient été signalées, sont la méta et la paracrésylméthylcétone, mais avec de grandes divergences sur leurs points d'ébullition, en raison, sans doute, de leur défaut de pureté.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 148, p. 927; t. 149, p. 213 et 995; t. 150, p. 111, 702 et 1336.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, p. 704.

(3) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1336. — *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, p. 651.

I. CRÉSYLMÉTHYLCÉTONES $C^6H^4(CH^3)CO.CH^3$. — Préparées par le mélange des acides toluiques, ortho, méta, para (1^{mol}) avec l'acide acétique (3^{mol}).

Ortho-crésylméthylcétone. — Bout à 211° (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0262$. Sa semicarbazone fond à 192°.

Méta-crésylméthylcétone. — Bout à 221° (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0165$. Sa semicarbazone fond à 188°, en se décomposant partiellement.

Para-crésylméthylcétone. — Bout à 224°,5 (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0150$. Sa semicarbazone fond à 200°.

II. CRÉSYLÉTHYLCÉTONES $C^6H^4(CH^3)CO.CH^2-CH^3$. — Préparées par le mélange des acides toluiques avec l'acide propionique.

Ortho-crésyléthylcétone. — Bout à 224° (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0119$. Sa semicarbazone fond à 169°.

Méta-crésyléthylcétone. — Bout à 234° (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0059$. Sa semicarbazone fond à 166°.

Para-crésyléthylcétone. — Bout à 238° (corr.) sous 745^{mm}. $D_4^0 = 1,0053$. Sa semicarbazone fond à 180°.

III. CRÉSYLPROPYLCÉTONES $C^6H^4(CH^3).CO.CH^2-CH^2-CH^3$. — Préparées par le mélange des acides toluiques avec l'acide butyrique.

Ortho-crésylpropylcétone. — Bout à 238°,5 (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9936$. Sa semicarbazone fond à 176°.

Méta-crésylpropylcétone. — Bout à 247° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9882$. Sa semicarbazone fond à 152°.

Para-crésylpropylcétone. — Bout à 251°,5 (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9774$. Sa semicarbazone fond à 190°.

IV. CRÉSYLISOPROPYLCÉTONES $C^6H^4(CH^3)CO-CH\langle^{CH^3}_{CH^3}$. — Préparées par le mélange des acides toluiques avec l'acide isobutyrique.

Ortho-crésylisopropylcétone. — Bout à 230° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9858$. Sa semicarbazone est un liquide huileux incristallisable.

Méta-crésylisopropylcétone. — Bout à 238° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9841$. Sa semicarbazone fond à 120°.

Para-crésylisopropylcétone. — Bout à 243° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9778$. Sa semicarbazone fond à 101°.

V. CRÉSYLISOBUTYLCÉTONES $C^6H^4(CH^3)CO-CH^2-CH\langle^{CH^3}_{CH^3}$. — Préparées par le mélange des acides toluiques avec l'acide isovalérique.

Ortho-crésylisobutylcétone. — Bout à 247°,5 (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9744$. Sa semicarbazone fond à 166°.

Méta-crésylisobutylcétone. — Bout à 254° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9712$. Sa semicarbazone fond à 172°.

Para-crésylisobutylcétone. — Bout à 259° (corr.) sous 758^{mm}. $D_4^0 = 0,9707$. Sa semicarbazone fond à 212°.

On voit par l'examen comparatif des cétones énumérées qu'il existe des

différences assez régulières que je me borne à signaler ici, entre les densités et surtout entre les points d'ébullition, lorsqu'on passe d'une cétone à ses homologues et à ses isomères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau composé thiophénique* $C^{10}H^6S^2$ *et quelques-uns de ses dérivés*. Note de M. **M. Lanfry**, présentée par M. A. Haller.

Quand on fait passer, dans un tube de fer chauffé au rouge, un mélange de vapeurs de soufre et de naphtaline, on recueille à l'extrémité du tube une masse brune, grasse au toucher, pendant que se dégagent des torrents de gaz presque exclusivement constitués par de l'hydrogène sulfuré. Le résultat de la pyrogénation est le même, quelles que soient la température et les proportions du mélange pyrogéné, pourvu qu'on se tienne au-dessus du rouge sombre et que la naphtaline soit en grand excès : 20 pour 100 du mélange primitif se dégagent à l'état de H^2S, 50 pour 100 sont constitués par de la naphtaline non attaquée; le reste, soit 30 pour 100, est formé d'une masse goudronneuse qui retient un peu de charbon et du soufre libre.

J'enlève l'excès de naphtaline par sublimation. Le goudron résiduel, épuisé par l'alcool bouillant, fournit une solution rouge qui, par voie de cristallisation fractionnée, donne finalement deux produits bien cristallisés : l'un en petits prismes rouges, l'autre en écailles nacrées.

Le corps rouge (0,2 à 0,4 pour 100 du poids du mélange pyrogéné) se présente en feuilles de fougères ou en petits prismes clinorhombiques courts et trapus, d'une belle nuance rubis. Il fond à 118°,5 (corr.) et bout sans décomposition vers 345° sous la pression atmosphérique. Il se sublime aisément vers 200°.

Il est soluble dans l'alcool et l'éther, très soluble, même à froid, dans le benzène et ses homologues, dans le chloroforme et le chlorure de carbone, dans le sulfure de carbone et l'aniline, soluble dans l'acide acétique, très peu soluble dans la glycérine.

Il se dissout dans l'acide sulfurique à 66° B. avec une coloration jaune si la solution est très diluée, jaune d'autant plus verdâtre et verte que la concentration est plus forte. Si l'on ajoute une trace d'isatine à la solution sulfurique jaune, elle devient rapidement d'un vert intense. Des traces d'eau font passer cette nuance au rouge ou au violet.

Il donne avec la phénanthrènequinone en solution sulfurique très étendue une coloration verte intense.

Ces réactions permettent de ranger le corps étudié daus le groupe du thiophène.

Comme beaucoup de dérivés thiophéniques, le corps rouge résiste à la purification par cristallisation fractionnée; la sublimation n'a pas donné de meilleurs résultats. L'échantillon le plus pur qu'ait fourni une série de 12 ou 15 cristallisations dans l'alcool a donné à l'analyse les chiffres suivants: C = 63,82 pour 100; H = 3,65; S = 32,28. Ils correspondent à peu près à la formule $C^{10}H^6S^2$ (C = 63,15; H = 3,15; S = 33,68), de poids moléculaire M = 190. C'est en effet le poids indiqué par la méthode de Meyer: 193,5 et 190,1, et par la cryoscopie en solution benzénique: 188,8 (solution à 3,65 pour 100).

Diverses considérations me font admettre (jusqu'à ce que la constitution en soit définitivement établie) que ce composé est le *phénothiophène* ou son isomère symétrique, le *phénodithiophène* :

L'oxydation par la solution acétique d'acide chromique détruit complètement la molécule; on retrouve tout le soufre à l'état de SO^4H^2. Le permanganate la détruit également, en liqueur alcaline ou en liqueur acide.

L'eau oxygénée agit d'une façon remarquable sur le corps rouge en solution acétique; elle l'additionne d'abord de 2^{at} d'oxygène et fournit, avec un rendement de 60 pour 100, le composé $C^{10}H^6S^2O^2$ (analyse : C = 53,78; H = 2,95; S = 29,04; calculé : C = 54,05; H = 2,70; S = 28,83. Poids moléculaire par cryoscopie dans C^6H^6 = 225; calculé : 222). Puis, rapidement, 1^{at} de soufre s'élimine à l'état de SO^4H^2, et il se forme un deuxième terme d'oxydation où l'atome de soufre disparu est remplacé par deux autres atomes d'oxygène. La molécule est alors représentée par la formule $C^{10}H^6SO^4$ (¹). Je n'ai pu obtenir à l'état pur ce deuxième terme. C'est en effet un terme de passage qu'on extrait de la solution plus ou moins souillée par les produits d'oxydation formés avant et après lui. Le meilleur échan-

(¹) Le phénylthiophène $C^6H^5-C^4H^3S$ et le trithiényle $C^4H^3S-C^4H^2S-C^4H^3S$ m'ont fourni, l'un et l'autre, par H^2O^2, deux termes d'oxydation comparables à ceux qui sont décrits ici. Le thiophène ne paraît rien donner de semblable.

tillon préparé donnait à l'analyse : C = 53,75; H = 2,89; S = 12,65; calculé pour $C^{10}H^6SO^4$: C = 54,05; H = 2,70; S = 14,42. Son poids moléculaire a été trouvé, par voie cryoscopique, égal à 221 (théorie : 222).

Le premier de ces dérivés, $C^{10}H^6S^2O^2$, s'obtient en précipitant par l'eau la liqueur acétique oxydée aussitôt que sa coloration, primitivement rouge, est devenue jaune d'or. Il se présente sous l'aspect de fines aiguilles, d'un jaune rosé, fusibles vers 130°, soluble dans le benzène, peu soluble dans l'alcool et l'éther, plus solubles dans l'acide acétique. Il donne, après 2 heures, une belle coloration verte avec l'isatine sulfurique. Il est soluble dans NaOH et la colore en jaune; les acides l'en précipitent. Il présente en général les réactions d'un paradiphénol.

Le second terme d'oxydation, $C^{10}H^6SO^4$, n'est pas précipitable par l'eau; il faut l'extraire de la solution oxydée, le mieux par agitation avec la benzine. Il cristallise en aiguilles rougeâtres, à groupement rayonnant, fusibles vers 125°, solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène. Il ne se dissout pas dans les alcalis qui le brunissent. Il ne colore pas l'isatine sulfurique.

Traité par un excès de brome, le composé $C^{10}H^6S^2$ réagit vivement en dégageant HBr. En enlevant par évaporation l'excédent du brome et reprenant le résidu par CS^2, on obtient, après deux cristallisations, un produit pur en longues aiguilles orangées, fines et soyeuses, à groupement rayonnant. C'est le dérivé tétrabromé $C^{10}H^2Br^4S^2$ (analyse : S = 12,85 pour 100; Br = 62,85; calculé : S = 12,64; Br = 63,24). Il fond à 247°-248°. Il est très peu soluble dans l'alcool, le benzène et ses homologues, plus soluble dans CS^2. Il ne donne, ni à froid, ni à chaud, de coloration avec l'isatine sulfurique.

L'acide nitrique à 36° B. attaque, même à froid, le composé $C^{10}H^6S^2$ et le brunit en dégageant des vapeurs nitreuses; à chaud l'action est très énergique et la transformation en dérivé nitré très rapide. L'acide fumant agit de même en opérant la nitration à froid. C'est le même dérivé auquel on aboutit par l'un et l'autre réactif, le dérivé tétranitré. L'analyse a donné : S = 17,26 pour 100, N = 14,87; calculé pour $C^{10}H^2(NO^2)^4S^2$: S = 17,30; N = 15,13. Il se présente sous forme d'une poudre orange clair ou brune qui cristallise peu nettement, en petites sphérules. La chaleur le décompose vers 300°, avant qu'il ait fondu. Il est très peu soluble dans tous les solvants, et ses solutions orangées ou rouges, ont un pouvoir colorant très intense. Il a des propriétés acides bien marquées, rougit le tournesol, se dissout dans les alcalis avec de vives colorations rouges et donne avec les hydrocarbures cycliques des combinaisons fortement colorées. Il ne donne pas la réaction thiophénique avec l'isatine sulfurique.

L'acide sulfurique à 66° B. dissout à froid le composé $C^{10}H^6S^2$ sans l'attaquer sensiblement; on peut le précipiter par l'eau de la solution sulfurique et le recristalliser. A 100°, l'acide à 66° le détruit complètement : il y a dégagement de SO^2 et le résidu est du charbon. L'acide fumant à 10-15 pour 100 de SO^3 détruit à froid la molécule : il y a encore production de SO^2 et résidu de charbon. La préparation de dérivés sulfonés paraît impossible par voie directe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'éther acétique avec ses homologues supérieurs.* Note de M. **A. Wahl**, présentée par M. A. Haller.

Avec mon regretté maître Louis Bouveault, nous avons fait connaître il y a déjà quelques années un procédé qui permet de passer d'un composé méthylénique à la cétone correspondante en oxydant le groupement CH^2 par les vapeurs nitreuses. C'est ainsi que nous avons pu transformer facilement les éthers maloniques en éthers mésoxaliques, les éthers acétylacétiques en acétylglyoxylates, l'éther benzoylacétique en benzoylglyoxylate. Si, jusqu'ici, cette réaction n'a pas fait l'objet d'une généralisation plus étendue, cela tient en partie à la difficulté de la préparation des matières premières. Car, quoique nous soyons actuellement en possession des belles méthodes de Bouveault et Bougert, de Blaise, de Moureu et Delange, l'obtention d'une grande quantité d'un éther β-cétonique homologue de l'éther acétylacétique est encore une opération assez longue et délicate.

Il est nécessaire d'avoir recours à ces méthodes synthétiques plus ou moins détournées, puisque la condensation de l'éther acétique avec lui-même sous l'influence du sodium n'est pas susceptible de généralisation et qu'elle échoue lorsqu'on tente de condenser ainsi l'acétate d'éthyle avec ses homologues. Ainsi M. Bœseken (1) a essayé de faire réagir de cette manière l'acétate d'éthyle avec les éthers propionique, phénylacétique, isobutyrique, triméthylacétique, mais sans aucun succès. Il est généralement admis depuis que ces condensations sont impossibles à réaliser.

Cependant, le fait d'avoir pu condenser l'éther acétique avec les éthers hexahydrobenzoïques (2), qui présentent beaucoup d'analogie avec les éthers aliphatiques, semblait indiquer que l'impossibilité de préparer les éthers acylacétiques par condensation directe ne devait pas être aussi absolue qu'on l'avait supposé jusque là. J'ai pensé que la réalisation de cette réaction devait dépendre surtout des conditions expérimentales et je me suis préoccupé depuis plusieurs années de déterminer et de préciser ces conditions. Voici quelles sont les considérations qui m'ont guidé :

Ici, comme dans le cas de la préparation des éthers benzoylacétiques (3)

---

(1) Bœseken, *Rec. travaux chim. Pays-Bas*, t. XV, p. 161.

(2) Wahl et Meyer, *Comptes rendus*, t. 145, p. 193. — Zelinsky et Schwedoff, *D. chem. G.*, t. XL, 1907, p. 3055.

(3) A. Wahl, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 72.

le sodium, en réagissant sur un mélange d'acétate d'éthyle et d'un éther aliphatique, doit pouvoir donnèr lieu à trois réactions simultanées :

1° Celle qui fournit une acyloïne d'après Bouveault et Locquin,

$$\begin{matrix} R.COOC^2H^5 \\ R.COOC^2H^5 \end{matrix} + Na^4 = 2NaOC^2H^5 + \begin{matrix} R.C-ONa \\ \| \\ R.C-ONa \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R.CO \\ | \\ R.CHOH \end{matrix}$$

2° Celle qui fournit l'éther acétylacétique (et peut-être l'acétoïne) par la réaction de Na sur l'acétate d'éthyle;

3° Celle qui conduit à l'éther acylacétique

$$R.COOC^2H^5 + CH^3.COOC^2H^5 + Na = R.C(ONa) = CH - COOC^2H^5 + C^2H^6O + H.$$

C'est cette dernière qui seule nous intéresse ici, et si *toutefois elle est possible*, il est bien évident qu'elle deviendra prépondérante lorsque les conditions expérimentales tendront à empêcher les deux premières réactions.

Théoriquement, il faut donc empêcher que l'éther aliphatique se trouve en contact avec un excès de sodium et que celui-ci se rencontre avec un excès d'éther acétique. Pratiquement, on peut se rapprocher de ces conditions idéales en ajoutant à l'éther qu'on veut condenser, par petites portions soigneusement dosées, alternativement, le sodium et l'éther acétique; la réaction une fois amorcée est très vive au début, mais elle se calme peu à peu et il est alors nécessaire de chauffer.

Butyrylacétate d'éthyle. — Mes essais ont surtout porté sur la condensation du butyrate avec l'acétate d'éthyle.

En employant une technique opératoire qui sera décrite dans tous ses détails dans un autre Recueil, j'ai réussi effectivement à préparer ainsi du butyrylacétate d'éthyle. Mais les rendements sont assez faibles; on arrive à transformer 18 à 20 pour 100 de butyrate en butyrylacétate *pur* régénéré de son sel de cuivre, et malgré de longues séries d'essais je ne suis pas parvenu jusqu'ici à dépasser ce rendement. Cet éther β cétonique a été caractérisé par son point d'ébullition, son analyse, sa phénylpyrazolone, et par son sel de cuivre.

Ce sel forme des cristaux *verts* fondant à 125°-126° : quand on les fait bouillir avec de l'alcool méthylique ils subissent une transformation analogue à celle signalée par Wislicenus [1] dans le cas de l'acétyl et du benzoylacétate d'éthyle et que nous avons aussi retrouvée dernièrement dans le cas de l'*o*-méthoxybenzoylacétate de méthyle [2]. Les cristaux verts se transforment rapidement en une poudre cristalline d'un *bleu*

---

(1) WISLICENUS, *D. chem. G.*, t. XXXI, p. 3157.

(2) A. WAHL et C. SILBERZWEIG, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 538.

magnifique. Cette transformation n'est que partielle, car en essorant les cristaux bleus on obtient une solution qui laisse déposer par refroidissement les cristaux verts primitifs.

Sel vert. — Il constitue le sel normal et sa composition correspond à la formule

$$(C^8H^{13}O^3)^2Cu.$$

Sel bleu. — C'est un sel basique de composition

$$(C^8H^{13}O^3)Cu\,OCH^3$$

et qui s'est formé d'après la réaction

$$\begin{array}{lcl} C^3H^7 - C\diagdown = CH - CO^2C^2H^5 & & C^3H^7.C\diagdown = CH.CO^2C^2H^5 \\ \quad\quad\ \ O & & \quad\quad\quad\ \ O - Cu\,OCH^3 \\ \quad\quad\ \ | & & \\ \quad\quad\ Cu & + CH^3OH = & \quad\quad \text{Sel bleu.} \quad\quad + \\ \quad\quad\ \ | & & \\ \quad\quad\ \ O & & \\ CH^3H^7 - C\diagup = CH - CO^2C^2H^5 & & C^3H^7.CO - CH^2.CO^2C^2H^5 \\ \quad\quad \text{Sel vert.} & & \end{array}$$

Propionylacétate d'éthyle. — On réussit également à condenser dans les mêmes conditions l'éther acétique avec l'éther propionique.

Toutefois, le point d'ébullition du propionylacétate d'éthyle n'est pas suffisamment éloigné de celui de l'acétylacétate pour permettre de séparer convenablement le mélange des deux éthers qu'on régénère des sels de cuivre. Néanmoins, après plusieurs fractionnements, j'ai réussi à isoler une petite quantité (5 à 6 pour 100 environ) de propionylacétate *pur* qui a été caractérisé par son point d'ébullition, son analyse, sa phénylpyrazolone. En réalité il s'en forme bien davantage, mais il reste dans la portion intermédiaire.

En résumé, contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, la condensation de l'éther acétique avec ses homologues au moyen du sodium est possible. Si ce procédé ne convient pas à la préparation d'éther propionylacétique, il permet de transformer l'éther butyrique en butyrylacétate avec un rendement de 18 à 20 pour 100, et il est possible que ce rendement puisse encore être amélioré en modifiant convenablement les conditions.

Les circonstances m'obligeant à interrompre cette étude, j'ai cru devoir faire connaître ces quelques résultats, car ce procédé pourra peut-être rendre service; il présente sur les autres l'avantage de n'utiliser que des matières premières communes.

Ayant ainsi du butyrylacétate d'éthyle à ma disposition, je me suis assuré que les vapeurs nitreuses agissant sur lui dans les conditions déjà

décrites (¹) le transforment en éther α-β dicétonique

$$CH^3-CH^2-CH^2-CO-CH^2-CO^2C^2H^5 \rightarrow CH^2-CH^2-CH^2-CO-CO-COOC^2H^5.$$

Le *butyrylglyoxylate d'éthyle* qui prend naissance est un liquide jaune orange bouillant à 87°-88° sous 13^{mm}, se combinant à l'eau et à l'alcool avec dégagement de chaleur et en se décolorant. Il a été caractérisé provisoirement par la quinoxaline correspondante qui résulte de l'action de l'orthophénylènediamine

$$C^6H^4\begin{matrix} NH^2 \\ NH^2 \end{matrix} + \begin{matrix} CO - C^3H^7 \\ | \\ CO - COOC^2H^5 \end{matrix} = 2H^2O + C^6H^4\begin{matrix} N = C - C^3H^7 \\ | \\ N = C - COOC^2H^5 \end{matrix}$$

La *propyl-2-quinoxaline carbonate d'éthyle*-3 cristallise en aiguilles blanches longues de plusieurs centimètres et fondant à 63°-64°.

L'oxydation du groupement méthylénique des éthers β-cétoniques par les vapeurs nitreuses semble donc être une réaction très générale.

BOTANIQUE. — *Sur une source nouvelle de caoutchouc naturel.* Note de M. **Jean Dybowski**, présentée par M. Guignard.

La consommation du caoutchouc augmente sans cesse. Jusqu'à présent, les sources naturelles ont suffi pour alimenter cette consommation. Cependant, en raison des besoins croissants, les prix de cette matière première ont haussé dans des proportions qui ont, à certains moments, alarmé les industries qui l'emploient.

Les plantes qui produisent le caoutchouc sont de nature et d'essence extrêmement diverses. Ce peuvent être, en effet, des arbres, des arbrisseaux, des lianes ou des herbes. La plupart de ces végétaux souffrent grandement des opérations ayant pour but d'en extraire le latex contenant le caoutchouc. Beaucoup de ces espèces succombent après quelques opérations de saignées. Comme, d'autre part, la régénération naturelle est généralement lente, il en résulte qu'on doit considérer que le nombre des végétaux produisant le caoutchouc diminue chaque année dans les peuplements naturels.

Les statistiques de chaque région de production montrent la rapidité plus ou moins grande de destruction des sources naturelles. Ce qui peut varier, c'est le temps nécessaire à cette disparition des essences soumises à l'exploitation, mais la matérialité du fait est certaine.

(¹) Bouveault et Wahl, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1129.

Depuis quelques années la préoccupation est née, dans l'esprit des pouvoirs publics, de parer à la diminution de production d'une matière chaque jour plus demandée.

On a essayé la culture des arbres à caoutchouc. Beaucoup des essences mises en expérience n'ont donné que des résultats absolument négatifs. Seuls jusqu'à ce jour, l'*Hevea* du Brésil (*Hevea brasiliensis*) et diverses variétés de *Ficus elastica* ont fourni des résultats qui souvent sont très satisfaisants. Mais ces plantations sont des entreprises de longue haleine et exigent des capitaux importants.

Il semble hors de doute que ces plantations contribueront, dans l'avenir, à produire une partie importante du caoutchouc nécessaire aux besoins modernes.

Mais il faut accorder toute attention à des procédés nouveaux qui sont à même de fournir immédiatement une quantité considérable d'un caoutchouc de très bonne qualité et qui répond aux exigences des industries.

Cette nouvelle source de caoutchouc provient de l'extraction de cette matière de substances diverses dans lesquelles elle se trouve plus ou moins intimement mélangée à des corps analogues aux résines.

Parmis ces matières, il en est une dont l'importance est considérable. Elle est désignée sous le nom de *gomme de Jeloutong* ou de *Bornéo mort*.

Le Jeloutong provient d'un latex fourni par une plante de la famille des Apocynacées, le *Dyera costulata* Hook. Après coagulation, ce latex fournit une gomme blanche contenant encore une notable proportion d'eau (40 à 50 pour 100). La matière sèche donne un produit hydrocarboné prenant l'aspect de la résine de pin ou colophane. Cette substance a des propriétés particulières. Elle sera décrite ultérieurement.

Le point important est que le Jeloutong renferme du caoutchouc dans une proportion rarement inférieure à 10 pour 100 et pouvant dépasser 20 pour 100.

L'extraction de ce caoutchouc offre de sérieuses difficultés au point de vue industriel. En effet, les procédés employés dans les laboratoires pour le dosage du caoutchouc, c'est-à-dire, soit sa dissolution dans les solvants neutres, soit l'épuisement à chaud par l'alcool, ne peuvent convenir.

On peut en effet poser comme principe que tout caoutchouc dissous ne retrouve jamais ses propriétés physiques. L'action des solvants employés à chaud et chargés d'enlever les matières résineuses ne saurait non plus être utilisée, le caoutchouc ainsi obtenu s'altérant rapidement,

La seule méthode qui semble pouvoir donner des résultats pratiques a

pour base de faire agir tout d'abord, sur la masse, des substances telles qu'un mélange d'alcool et d'éther ou de sulfure de carbone, qui gonflent la masse et la gélifient. Ainsi préparée, la matière cédera aisément ses matières résineuses qui seront entraînées par les solvants. On obtient dans ces conditions un caoutchouc recherché par l'industrie.

Étant donnée l'extrême abondance des *Dyera* dans la Malaisie et les régions avoisinantes, la robustesse des arbres produisant le latex et leur haut rendement, la gomme de Jeloutong est vendue à très bas prix.

Il en résulte que l'extraction du caoutchouc de Jeloutong peut offrir le plus réel intérêt et fournir un complément important de matière première à nos industries.

BOTANIQUE. — *Les règles de* Naudin *et les lois de* Mendel *relatives à la disjonction des descendances hybrides.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En décembre 1861, Ch. Naudin présentait à l'Académie des Sciences un Mémoire sur l'*Hybridité dans les végétaux* [1] qui fut couronné le 29 décembre 1862 ; huit années d'observations sur les hybrides, entre espèces de *Papaver*, *Mirabilis*, *Primula*, *Datura*, *Nicotiana*, *Petunia*, *Digitalis*, *Linaria* et entre de nombreuses Cucurbitacées, avaient pour résultat l'exposé de règles dont les lois de Mendel ne sont que des cas particuliers, comme je me propose de le montrer.

J'ai toujours trouvé, dit Naudin, dans les hybrides que j'ai obtenus moi-même et dont l'origine m'était bien connue, une grande uniformité d'aspect entre les individus de première génération et provenant d'un même croisement, quel qu'en ait été le nombre... Tous les hybrides réciproques que j'ai obtenus, tant entre espèces voisines qu'entre espèces éloignées, ont été aussi semblables les uns aux autres que s'ils fussent provenus d'un même croisement (p. 146).

D'où la *règle d'uniformité* de la première génération hybride :

Les hybrides d'un même croisement (et du croisement réciproque) se ressemblent entre eux, à la première génération, autant ou presque autant que des individus qui proviennent d'une même espèce légitime.

Une plante hybride, ajoute Naudin, est un individu où se trouvent réunies deux

(1) Publié en 1865 dans les *Nouvelles Archives du Muséum*, t. I, p. 25-176 et *Pl. I-IX*.

essences différentes ayant chacune leur mode de végétation et leur finalité particulière, qui se contrarient mutuellement et sont sans cesse en lutte pour se dégager l'une de l'autre... Il semble que la tendance à se séparer s'accroît avec l'âge de la plante et qu'elle se prononce de plus en plus à mesure que la végétation s'approche de son terme, qui est, d'une part, la production de pollen; de l'autre, la formation de la graine.... Cette hypothèse admise, tous les changements qui surviennent dans les hybrides de deuxième génération et de générations plus avancées s'expliquent pour ainsi dire d'eux-mêmes (p. 152-152).

D'où la *règle de retour* aux formes spécifiques :

Les hybrides fertiles et se fécondant eux-mêmes reviennent tôt ou tard aux types spécifiques dont ils dérivent (p. 156).

Gregor Mendel a communiqué, le 8 février 1865, à l'Union des Naturalistes de Brünn, un Mémoire intitulé *Recherches sur les plantes hybrides* [1], dont la valeur, reconnue seulement en 1900, a été établie récemment par de nombreux travaux. Mendel déclare qu'il étudie seulement « les hybrides et leurs descendants qui n'éprouvent, dans les générations successives, aucune altération notable de fertilité » (p. 4); les plantes en expérience doivent différer par des caractères « pouvant s'associer par couples » (p. 6), « nets et tranchés » (p. 7); enfin il admet, comme un axiome, l'indépendance des caractères groupés par couples différents.

Ces restrictions faites, Mendel énonce la *loi de dominance :*

Sur l'hybride de première génération, l'un des deux caractères accouplés a une telle prépondérance qu'il est difficile ou impossible d'observer l'autre (p. 10).

Il est facile de voir que cette loi est l'application, restreinte au cas d'un croisement de l'espèce avec sa variété, de la règle d'uniformité de Naudin; celui-ci en a donné l'exacte signification en décrivant (note, p. 155) la descendance de l'hybride *Datura Stramonio-Tatula* qui suit la loi de dominance.

La *loi de disjonction* de la descendance hybride est énoncée ainsi par Mendel :

A la seconde génération, les caractères récessifs (ou disparus) *réapparaissent* dans leur intégrité et cela, *dans la proportion remarquable de 3 plantes à caractères dominants et 1 à caractères récessifs*.... Dans aucune expérience on n'a observé de formes de passage (p. 11 et 12).

Comme Mendel l'a établi, cette loi et les rapports numériques indiqués sont la conséquence logique de l'hypothèse, commune à Naudin et à Mendel, de la dissociation de l'hybride dans la formation des cellules reproductrices :

Les grains de pollen retournés au père (ou à la mère), fécondant des ovules disjoints dans le même sens, donnent des plantes entièrement retournées à l'espèce paternelle

(1) *Versuche über Pflanzenhybriden* (*Verh. d. naturf. Ver. in Brünn*, t. IV, 1865, p. 3-47).

(ou maternelle); si la fécondation s'opère entre un ovule et un grain de pollen disjoints en sens contraire, elle donne lieu à l'hybride lui-même. Mendel admet que les ovules et les grains de pollen sont toujours purs et portent, en nombres égaux, les caractères du père ou de la mère. Naudin signale par contre des exemples de caractères intermédiaires et de cellules sexuelles hybrides.

J'ai déjà montré ([1]), à propos de la disjonction d'un couple de caractères que les auteurs s'accordent pour ranger dans le type des caractères mendéliens (fruits épineux ou lisses de l'Orge, *Hordeum distichum* L.), que les proportions numériques de la seconde génération varient avec les affinités des espèces croisées, fait contraire à la règle de Mendel; depuis, dans le même groupe d'hybrides, j'ai réussi à mettre en évidence l'existence de caractères intermédiaires et, aussi, la réapparition du caractère prétendu dominant (épines ou β) dans la descendance d'individus récessifs (lisses ou α) :

1906. Croisement initial : *H. distichum nutans* α (0,190) × *H. d. erectum* β (0,631).
1907. Dominance du caractère épines : 100 β pour 100.

			Pour 100.		Pour 100.
1908.	Disjonction irrégulière :	139 β	51	135 α	49
1909.	Lignée 10 (0,190 × 0,631).......	47	31	103	69
	Lignée 11 (0,190 × 0,631).......	100	40	150	60
	Lignée 12 (0,190 × 0,631).......	101	40	149	40
	Lignée 58 (0,631 × 0,190).......	69	30	158	70
	Lignée 59 (0,631 × 0,190).......	171	39	261	61
	Ensemble...........	488	37	821	63

En continuant la culture des lignées particulièrement irrégulières en 1910 (quatrième génération), *j'ai observé* sur les produits *des individus à caractères intermédiaires que je désigne par le symbole* α-β ; en second lieu, *j'ai constaté que des récessifs* α *de troisième génération donnent des retours au caractère dominant* β :

Quatrième génération 1910.	Les lignées se dissocient en			Les récessifs α (1909) donnent	
	α.	β.	α-β.	α.	β.
10 a_1.............	38	25	4	36	2
11 b_3.............	57	31	17	44	1
12 c_1.............	27	8	16	27	8
58 a_3.............	22	38	24	31	7

Ainsi ces exemples, et j'aurai l'occasion d'en faire connaître d'autres, justifient les règles de Naudin et mettent en défaut les lois de Mendel.

([1]) *Sur les hybrides d'Orges et la loi de Mendel* (*Comptes rendus*, 29 mars 1909).

BOTANIQUE. — *Les conditions physiques de résistance de la Vigne au Mildew.* Note de M. **Jules Laurent**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Des observations maintes fois répétées ont montré que la sensibilité de la Vigne au Mildew est essentiellement variable ; elle dépend des fumures, de la nature des cépages et des porte-greffe, de l'âge des feuilles et des plantations, des modes de taille et des pincements; elle est beaucoup plus grande pour les jeunes raisins que pour les feuilles.

Si divers que soient ces facteurs de la résistance, ils n'interviennent évidemment qu'en modifiant les qualités physico-chimiques des cellules de la Vigne qui constituent le milieu dans lequel va évoluer le Mildew, et pour déterminer les causes immédiates de l'immunité, il nous suffira de démêler celles de ces qualités sur lesquelles agiront à la fois tous les facteurs signalés. Or, si quelques-uns d'entre eux peuvent retentir sur le chimisme des cellules, tous interviennent dans la distribution d'eau dans les tissus. Déjà dans sa *Théorie des capacités fonctionnelles*, Daniel avait insisté sur le rôle de l'eau dans la résistance des plantes greffées aux maladies cryptogamiques, et plus récemment Müntz a fait remarquer que la Vigne présente une immunité complète dès que la proportion d'eau dans ses organes s'abaisse au-dessous de 60 pour 100.

Cependant le parallélisme n'est pas parfait entre le pourcentage de matière sèche et la résistance au Mildew. Dans les plus jeunes feuilles de la Vigne, qui sont les plus sensibles, j'ai trouvé, à la date du 20 juillet, près de 28 pour 100 de substance sèche chez le Chasselas, alors que les feuilles un peu plus âgées, insérées sur la région de croissance intercalaire de la tige, en renfermaient de 21 à 26 pour 100 ; c'est seulement plus bas qu'on trouve plus de matière sèche, grâce à l'épaississement des parois cellulaires et à l'accumulation, sous une forme insoluble, de matières de réserve (amidon) ou de produits de sécrétion (raphides) sans action immédiate sur le Mildew.

Prise en valeur absolue, la proportion d'eau dans les tissus ne permet donc pas d'apprécier avec certitude le degré de résistance de la Vigne, et cependant les observations des auteurs précités ne sauraient être contestées. Mais la nutrition du parasite étant assurée par des phénomènes osmotiques qui sont sous la dépendance étroite de la concentration des liquides en présence, on peut prévoir que les questions de réceptivité ou d'immunité vont se ramener, du moins en partie, à l'étude de la *concentration* des milieux internes chez l'hôte et le parasite.

S'il en est ainsi, la cryoscopie doit permettre de déterminer la sensibilité relative de la Vigne. La méthode consiste à prendre le point de congélation Δ des extraits d'organes dont l'inégale résistance au Mildew est bien connue, afin de vérifier que ces extraits, obtenus par pression, présentent bien une inégale concentration moléculaire. D'une heure à l'autre de la journée, en raison des variations continues de l'absorption et de la transpiration, on obtiendra des chiffres différents; aussi les comparaisons ne pourront porter que sur des pieds de Vigne de même âge, cultivés dans des conditions rigoureusement identiques, et sur des organes récoltés au même moment. Voici quelques résultats groupés par séries indépendantes :

1° *Influence de l'âge de la feuille.*

1. *Du* 1^{er} *juillet* 1910 : Des ailerons de Pinot pincés à 8 feuilles sont divisés en deux parties, l'une comprenant les 4 feuilles du sommet et l'autre les 4 feuilles de la base.

Feuilles du sommet	$\Delta = -0^\circ,71$
Feuilles de la base	$\Delta = -0,75$

2. *Du* 2 *juillet* :

Feuilles du sommet de l'aileron	$\Delta = -0^\circ,73$
Feuilles de la base du rameau primitif	$\Delta = -1,07$

2° *Comparaison des feuilles et des raisins.*

3. *Du* 26 *juillet* :

Feuilles adultes d'outre-mer	$\Delta = -0^\circ,89$
Raisins d'outre-mer	$\Delta = -0,56$

3° *Influence du porte-greffe.*

4. *Du* 4 *juillet* : Extrait obtenu des 5^e et 6^e feuilles de chaque rameau.

Pinot greffé sur *Riparia* × *Rupestris* 3309	$\Delta = -0^\circ,765$
Pinot greffé sur Aramon × *Rupestris* Ganzin n° 1	$\Delta = -0,780$
Pinot greffé sur Chasselas × *Berlandieri* 41 B	$\Delta = -0,838$

5. *Du* 8 *juillet* :

Pinot greffé sur *Riparia* × *Rupestris* 101^{14}	$\Delta = -0^\circ,92$
Pinot greffé sur Pinot	$\Delta = -0,886$
Pinot non greffé	$\Delta = -0,87$

Les attaques de Mildew ont été particulièrement violentes sur les jeunes feuilles de la série 1 et sur feuilles du sommet de l'aileron (série 2), sur les

raisins de la série 3 et sur le Pinot non greffé de la série 5; toutes les vignes greffées ont mieux résisté et le 41 B s'est montré supérieur à tous les autres porte-greffe. Ainsi:

La résistance au Mildew croît avec la concentration moléculaire du milieu interne de la Vigne.

En raison de la parenté botanique du Mildew et du *Phytophtora infestans* qui cause la maladie de la Pomme de terre, il était facile de prévoir l'analogie des conditions de développement de ces deux parasites, et les théories applicables à l'un d'eux devaient se vérifier pour l'autre.

Dix-huit variétés de Pommes de terre ont été cultivées dans des conditions identiques, puis classées en deux séries d'après la proportion relative des tubercules malades; j'ai déterminé ensuite, pour chaque variété le point de congélation de l'extrait fourni par les tubercules parvenus à maturité et un nouveau classement a été établi d'après la concentration moléculaire. Le tableau ci-dessous, dans lequel les variétés peu résistantes sont en italiques, donne les résultats obtenus:

	Valeur de Δ.		Valeur de Δ.
Saucisse rouge	−0°,46	Bleue géante [1]	−0°,51
Prince de Galles	−0,46	*Chardon*	−0,53
Vitelotte	−0,47	Ronde hâtive	−0,545
Crépinette	−0,47	Géante sans pareille	−0,555
Jaune longue de Hollande	−0,47	Richter Imperator	−0,56
Magnum bonum	−0,47	Quarantaine de la Halle	−0,58
Marjolin	−0,49	Institut de Beauvais	−0,585
Early rose	−0,49	Docteur Lucius	−0,64
Victor	−0,51	Professeur Moerker	−0,77

Là encore nous trouvons un parallélisme remarquable entre le degré cryoscopique et l'immunité relative : toutefois, en raison de l'accroissement continu de la concentration au cours de la végétation, ces déterminations devront être reprises sur les organes aériens et les jeunes tubercules au moment même des invasions de *Phytophtora*.

Si incomplètes que soient ces premières observations, et sans nier l'intervention d'autres facteurs, elles suffisent à mettre en évidence l'importance de la concentration moléculaire dans la résistance de la Vigne et de la Pomme de terre aux Péronosporées qui les attaquent; et les modifications chimiques et anatomiques qui, d'après mes recherches antérieures, accom-

(1) Variété très résistante, mais dont les tubercules ont été récoltés avant maturité complète.

pagnent les changements de concentration, permettront peut-être d'en donner une interprétation.

Les matériaux nécessaires à ce travail ont été isolés au vignoble et au champ d'expériences agricoles du lycée de Reims.

CRYPTOGAMIE. — *Recherches sur quelques Cladochytriacées.* Note de MM. **René Maire** et **Adrien Tison**, présentée par M. Guignard.

Schröter et Magnus ont admis l'existence, chez les *Urophlyctis*, d'une reproduction sexuée par œufs. Ces œufs seraient formés, suivant ces auteurs, par la copulation de deux vésicules, dont l'une viderait son contenu dans l'autre. Suivant Vuillemin, au contraire, il n'y aurait pas de copulation, mais un simple phénomène de bourgeonnement.

Nous avons étudié l'*Urophlyctis hemisphærica* (Speg.) Syd. (= *U. Kriegeriana* Magnus), récolté à Tlemcen sur *Carum incrassatum*, et à Oran sur *Kundmannia sicula*. Cette Chytridiale accomplit tout son développement endophytique dans l'intérieur d'une cellule épidermique qui s'hypertrophie considérablement et forme une sorte de sac noyé dans le tissu de la feuille.

Le point où cette cellule a été infectée par une zoospore reste en contact avec l'extérieur, mais il se trouve souvent placé au fond d'une sorte de petit entonnoir par suite du développement pris par les cellules voisines. En ce point, on trouve à l'intérieur de la cellule nourricière une vésicule, la vésicule collective de Vuillemin. Cette vésicule bourgeonne et donne naissance à un certain nombre de vésicules nouvelles, qui lui sont rattachées par un pédicule plus ou moins allongé.

Ces vésicules secondaires bourgeonnent à leur tour de la même façon.

A chaque bourgeonnement, les vésicules inférieures se vident au profit des vésicules supérieures. Les parties vidées, réduites à leur membrane mucilagineuse, se distinguent difficilement au milieu du protoplasma très dense de la cellule nourricière; l'emploi ménagé de l'eau de Javelle, suivi d'une coloration au rouge de ruthénium, permet de les mettre en évidence avec la plus grande netteté.

A la fin, les vésicules terminales ne produisent plus qu'un seul bourgeon, à pédicule court, qui se renfle et donne le chronisporocyste. Celui-ci est, comme les vésicules qui lui ont donné naissance, plurinucléé. On peut voir le contenu plurinucléé de la vésicule passer dans le bourgeon qui doit devenir le chronisporocyste; *il n'y a aucune trace de karyogamie*, ni à ce moment, ni dans aucun des stades antérieurs que nous venons de décrire. Les noyaux varient beaucoup de forme et de dimension. Typiquement formés d'une membrane nucléaire, d'un karyosome latéral, d'un réseau achromatique lâche et d'un hyaloplasma très abondant, ils paraissent se multiplier uniquement par amitose. Dans le chronisporocyste en voie de développement, certains noyaux se gonflent, leur karyosome se vacuolise et donne naissance à de grosses masses d'une

substance colorable en gris par l'hématoxyline ferrique, en rouge par la safranine, masses qui s'accumulent au centre du chronisporocyste. Autour de cet amas de substances qui semblent jouer le rôle de réserves, on retrouve quelques noyaux restés intacts.

Il résulte donc de notre étude que *la formation des chronisporocystes de l'*Urophlyctis hemisphærica *constitue une reproduction asexuée*. La copulation décrite par Schröter et Magnus n'est qu'une apparence et l'interprétation de Vuillemin se trouve parfaitement justifiée par l'étude cytologique.

Dans le *Physoderma Urgineæ* (Pat. et Trab.) Maire, parasite de l'*Urginea maritima*, la Chytridiale se présente d'abord dans les cellules sous forme de petites masses amiboïdes uninucléées.

Ces cellules nues se multiplient par simple division, sans rester réunies par le moindre fractus protoplasmique. Puis elles se montrent plurinucléées, s'entourent d'une membrane et deviennent des chronisporocystes. De nombreuses cellules sont infectées et légèrement hypertrophiées; leur ensemble forme sur la feuille d'*Urginea* une tache un peu renflée et décolorée qui atteint souvent une assez grande taille. La formation des chronisporocystes représente ici un simple enkystement se produisant à la suite d'une schizogonie dont le rôle est d'étendre l'infection à toute une région de la plante-hôtesse.

Le développement endophytique est le même dans le *Physoderma Gehrhartii* Schröt., parasite du *Glyceria fluitans*.

On sait, d'autre part, depuis les recherches de Lüdi, que le *Cladochytrium Menyanthis* de Bary forme ses chronisporocystes d'une manière analogue à celle des *Urophlyctis*, et également sans copulation préalable.

Les trois genres qui constituent la famille des Cladochytriacées *sont donc asexués au moins pendant leur vie endophytique.*

Ces trois genres constituent un groupe assez homogène, bien que les *Physoderma*, par l'absence totale de liaison entre les schizontes, semblent au premier abord très éloignés des deux autres genres. En effet, chez toutes ces Chytridiales, le chronisporocyste est plurinucléé dès sa naissance, et, lorsqu'il y a formation de tubes mycéliformes, ces tubes se vident toujours de bonne heure, de sorte qu'en réalité les schizontes se trouvent séparés malgré leur réunion apparente.

Les *Physoderma*, ayant des chronisporocystes isolés, pourraient être confondus avec des Synchytriacées ou des Olpidiacées. Mais les chronisporocystes des Olpidiacées et des Synchytriacées, ordinairement bien plus gros et solitaires ou peu nombreux dans la cellule nourricière, ne possèdent, dans les types étudiés à ce point de vue, *qu'un seul noyau*, qui grandit en même temps que le chronisporocyste, jusqu'à devenir gigantesque.

MÉDECINE. — *Le processus de la caséification dans la tuberculose humaine.* Note de MM. **P. Chaussé** et **L. Pissot**, présentée par M. E. Roux.

La caséification tuberculeuse est décrite sommairement dans les Traités classiques d'après deux théories :

1° Celle de la *dégénérescence vitreuse ou colloïde* due à Grancher ([1]) et Charcot ([2]), désignation purement objective, ne prétendant du reste à aucune explication de son mécanisme; 2° celle de la *nécrose de coagulation* émise par Weigert ([3]), supposant que le phénomène de transformation morbide des tissus consiste en une coagulation sous l'action du fibrin-ferment lui-même, et se trouve être absolument identique à la coagulation du sang; cette conception, déjà ancienne, n'était qu'une ingénieuse hypothèse. Mais, en 1904, Schmoll ([4]) se basant sur l'insolubilité de la substance protéique des tubercules dans les solutions salines, conclut qu'elle est coagulée et confirme la théorie de Weigert; il mentionne cependant la présence de graisse dans ce produit de l'altération des tissus, mais il ajoute que l'examen histologique est impuissant à déceler cette substance.

L'un de nous a déjà constaté que, dans les tuberculoses animales, la caséification n'est autre chose qu'une dégénérescence granulo-graisseuse du protoplasma avec fragmentation nucléaire ([5]). Nous avons recherché si, dans la tuberculose humaine, le processus était analogue.

Il faut d'abord relever une différence macroscopique entre les lésions humaines et les lésions animales; les tubercules sont beaucoup mieux délimités chez les animaux en général que chez l'homme, et la différence entre les tissus caséifiés et ceux qui ne le sont pas encore est plus marquée. Nos examens comparés ont été faits jusqu'ici plus spécialement avec des lésions pulmonaires et ganglionnaires annexes. Chez l'homme, la tuberculose donne plutôt des lésions pneumoniques à caséification incomplète; ce n'est que dans les formes chroniques que les tubercules se constituent, et encore sont-ils moins nets que chez les herbivores. A l'examen histologique, il y a des différences corrélatives.

Il faut distinguer chez l'homme trois sortes de lésions pulmonaires : 1° des tubercules assez typiques correspondant aux formes chroniques;

([1]) Grancher, *Archives de Physiologie*, 1878.

([2]) Charcot, *Revue de Médecine et de Chirurgie*, 1879.

([3]) Weigert, *Virchow's Archiv*, 1879 et 1880; *Deutsch. med. Wochenschr.*, 1885.

([4]) Schmoll, *Deutsch. Arch. f. klin. Medizin*, 1904.

([5]) P. Chaussé, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 6 mars 1909 et 26 novembre 1910.

2° des tubercules, ou plutôt des zones pneumoniques, plus nombreux dans les formes aiguës; 3° de la pneumonie inter-nodulaire dont la spécificité n'est pas absolue; ces trois sortes de lésions sont le plus fréquemment associées.

Les tubercules les plus typiques, examinés d'après la technique déjà publiée par l'un de nous : fixation au formol dilué, coupes par congélation, coloration aux réactifs de la graisse (acide osmique ou Soudan III), montage et conservation en milieux aqueux, montrent :

1° Un *sillon périphérique de caséification*, au niveau duquel l'altération cellulaire progresse continuellement dans une direction centrifuge; ce sillon comprend une couronne cellulaire en état de désintégration granulo-graisseuse; comme il contient un bon nombre d'éléments connectifs fusiformes ou étoilés dirigés radiairement et chargés de gouttelettes adipeuses, à un faible grossissement ou par la coloration au Soudan III, on voit une couronne composée de petits filaments rouges; mais il existe aussi des cellules plus jeunes, rondes ou polygonales, et des cellules géantes, en voie de dégénérescence. Les méthodes habituelles, par inclusion, nous permettent de constater que le noyau des éléments dégénérés s'allonge, s'étire et se fragmente en sphérules possédant encore les affinités colorantes de la substance nucléaire dont elles dérivent; cette fragmentation est postérieure à la dégénérescence graisseuse protoplasmique. Les gouttelettes adipeuses sont petites, inégales, très nombreuses; elles remplissent l'élément cellulaire en voie de destruction. C'est en cela que consiste essentiellement le processus caséifiant; c'est bien le résultat d'une action toxique, car il se produit là où il existe des bacilles.

2° Une *partie centrale* informe composée des débris de la désagrégation des cellules précédentes, comprenant par conséquent des substances protéiques, des petits fragments de chromatine et des granules adipeux, ces derniers très fins et dispersés.

Les tubercules ou zones pneumoniques, plus hâtivement constitués, ne possèdent pas un sillon de caséification aussi apparent; il y a mortification massive d'un petit territoire pneumonique; le centre laisse encore apercevoir les cloisons alvéolaires sous forme d'une mosaïque plus transparente que les détritus caséeux remplissant les alvéoles eux-mêmes; toutefois la coloration appropriée fait voir des globules graisseux dans toute l'étendue de cette pneumonie caséeuse limitée; on y voit aussi les fragments nucléaires déjà décrits.

Enfin le tissu pneumonique inter-nodulaire est également frappé de dégénérescence granulo-graisseuse; les cellules alvéolaires desquamées sont surchargées de granulations adipeuses; à un fort grossissement on se rend compte que tout le protoplasma est remplacé par des gouttelettes extrêmement petites et se touchant de toutes parts; il reste juste la place du noyau

dans un très grand nombre de cellules; bien entendu on assiste aux étapes de l'élaboration adipeuse. Cela est tellement évident quà l'examen macroscopique, et après traitement par le Soudan III, les parties en question sont colorées en rouge foncé; les tubercules et les zones pneumoniques, moins riches en graisse, sont colorés en rose clair.

Nous sommes donc autorisés à conclure que les expressions de *dégénérescence vitreuse* ou *colloïde* et de *nécrose-coagulation* ne conviennent pas pour désigner les phénomènes ci-dessus; la caséification tuberculeuse est le résultat de l'action toxique locale du bacille; elle se traduit par une *dégénérescence granulo-graisseuse et une fragmentation nucléaire;* mais chez l'homme la quantité de graisse produite dans les tubercules est moindre que chez les animaux; c'est une différence qu'il est indispensable de mentionner.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence d'un organe chordotonal et d'une vésicule pulsatile antennaires chez l'Abeille et sur la morphologie de la tête de cette espèce.* Note (¹) de M. CH. JANET, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note présentée à l'Académie (²), j'ai signalé l'existence d'un organe chordotonal antennaire chez la Fourmi et j'ai ajouté que je n'étais pas encore parvenu à reconnaître la présence d'un organe homologue chez l'Abeille.

L'extrême ressemblance que j'ai constatée, relativement à la constitution anatomique de la tête, entre ces deux types d'Insectes, m'a conduit à rechercher à nouveau, chez l'Abeille, l'organe en question et je suis parvenu, cette fois, à constater son existence.

Ainsi que le montre la figure ci-contre, le nerf chordotonal se détache du nerf antennaire à peu de distance du cerveau, et se dirige vers le tégument où il s'insère en un point situé au-dessus et à peu de distance du cadre articulaire de l'antenne. De ce point d'insertion part l'extrémité d'un ganglion chordotonal fusiforme dont l'autre extrémité donne un cordon terminal qui se dirige vers la membrane articulaire de l'antenne et s'y insère.

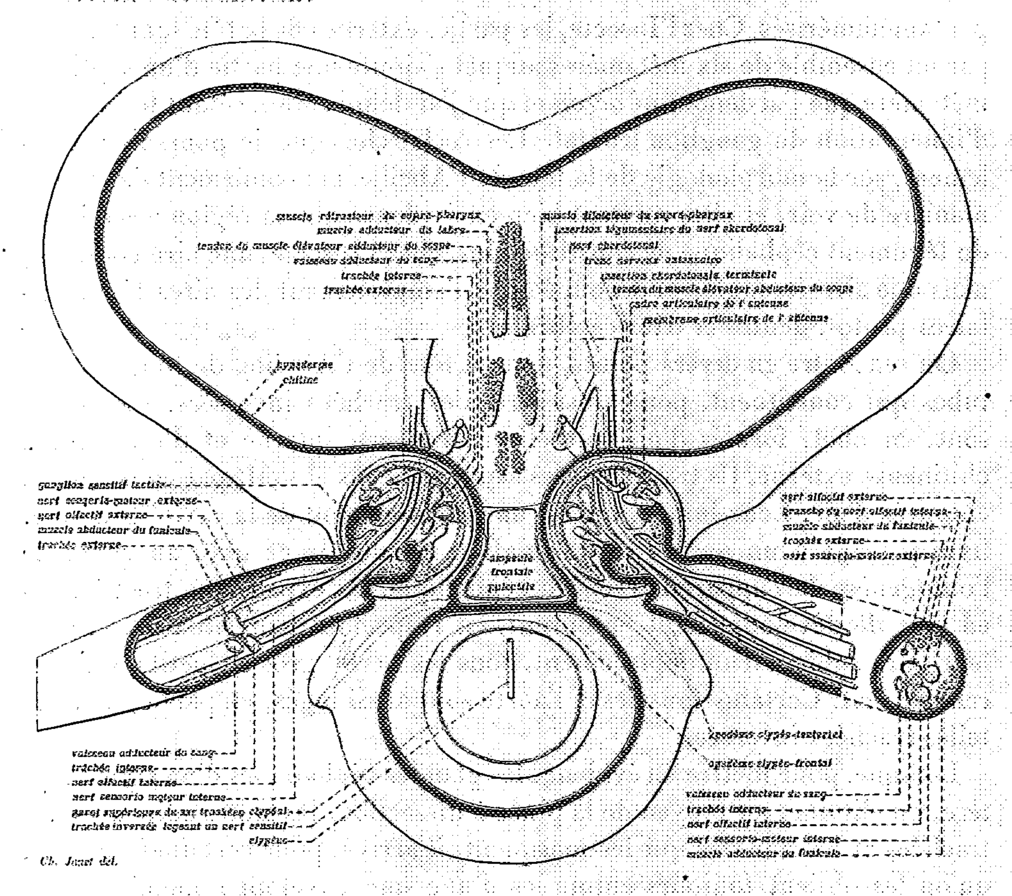
Entre les deux insertions antennaires se trouve une vésicule pulsatile

---

(¹) Présentée dans la séance du 27 décembre 1910.

(²) *Comptes rendus*, t. 118, 9 avril 1894, p. 814.

qui, par un vaisseau accolé aux troncs trachéens, propulse le sang dans l'intérieur de l'antenne.



L'ensemble des organes qui aboutissent à l'articulation de l'antenne de l'Abeille comprend ainsi :

Quatre muscles (dont deux seulement sont représentés dans la figure) aptes à mouvoir le scape de l'antenne dans toutes les directions comprises dans un cône d'assez grande ouverture;

Deux troncs trachéens;

Un vaisseau adducteur du sang;

Deux petits nerfs sensorio-moteurs qui innervent la musculature intrinsèque de l'antenne et ses chètes tactiles;

Deux gros nerfs de l'odorat antennaire;

Une terminaison chordotonale.

Ainsi que je l'ai exposé dans mes précédents travaux, je considère

l'Insecte comme dérivant d'une chaîne annélidienne d'individus trimétamérisés, et le Vertébré comme dérivant d'une chaîne annélidienne d'individus pentamétamérisés. Chez l'Insecte, les parties externes de la tête sont formées par un ensemble de six métamères auquel s'ajoute une partie d'un septième métamère que j'ai dénommé *acron* et que j'ai défini comme étant le domaine d'innervation du ganglion frontal. Les recherches que je poursuis actuellement, sur la morphologie de la tête de l'Abeille, me confirment dans cette manière de voir, et elles mettent bien en évidence que la région acronienne du tégument céphalique ne constitue plus, chez l'Insecte, une aire continue, mais une aire étranglée et découpée par l'empiétement des aires tégumentaires proto-, deuto- et trito-cérébrales.

On rencontre en divers points, dans la tête de l'Abeille, de longs et fins tubes qui constituent, pour ainsi dire, des trachées inversées. Ces tubes sont, en effet, formés d'un épithélium trachéen interne et d'une intima chitineuse externe. Ils traversent les sacs trachéens et sont, par conséquent, entourés d'air. Leur lumen, qui est un prolongement de la cavité générale, livre passage à un nerf. Leur formation résulte de ce que, au cours de l'ontogenèse de l'appareil trachéen céphalique, les expansions trachéennes en voie de développement entourent, en respectant leur situation et sans leur faire subir aucun déplacement, tous les nerfs, gros ou petits, qu'elles rencontrent. Certains muscles et l'aorte sont aussi logés, en partie, dans de telles trachées inversées.

Lorsque, pour mettre en évidence les glandes céphaliques d'un Hyménoptère, on élimine, au moyen de la pince à dissection, les lames adipeuses, les trachées et les muscles qui les masquent, il arrive, pour certaines glandes, qu'on les obtient toujours entourées d'une fine enveloppe membraneuse dont la signification ne paraît pas avoir été élucidée jusqu'ici. A la suite d'un bon nombre de dissections, je suis arrivé à cette conclusion que, en dehors de la membrane basale qui, elle, est toujours invisible dans les dissections et ne peut être mise en évidence que par la dissociation ou par des coupes, les glandes des Hyménoptères ne possèdent, en réalité, aucune membrane leur appartenant morphologiquement. La pseudo-membrane en question est toujours une portion de la paroi d'une expansion trachéenne coiffant la glande. C'est l'enlèvement de la paroi trachéenne opposée qui, tout d'un coup, laisse apercevoir les cellules glandulaires, tandis que la paroi trachéenne qui est au contact de la glande reste solidement attachée à cette dernière par les nombreuses ramifications trachéolaires qu'elle lui envoie.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier* 1911. Note de M. **Alfred Angot.**

Les observations magnétiques ont été continuées en 1910 à l'Observatoire du Val-Joyeux par M. J. Itié avec les mêmes appareils et ont été réduites par les mêmes méthodes que les années précédentes. Ces observations, commencées en 1901, font suite à celles du Parc Saint-Maur.

Les valeurs des éléments magnétiques pour le 1er janvier 1911 résultent de la moyenne des observations horaires relevées aux magnétographes le 31 décembre 1910 et le 1er janvier 1911 et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est la différence des valeurs actuelles avec celles qui ont été indiquées pour le 1er janvier 1910 (1).

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux.

	Valeurs absolues pour l'époque 1911,0.	Variation séculaire.
Déclinaison (occidentale)	14°21',94	−7',31
Inclinaison	64°42',6	−1',1
Composante horizontale	0,19739	+0,00011
Composante verticale	0,41776	−0,00012
Composante Nord	0,19122	+0,00021
Composante Sud	0,04897	−0,00038
Force totale	0,46205	−0,00006

La diminution de la déclinaison a été plus grande encore cette année que les précédentes; elle atteint 7',31, ce qui donne, pour les trois années 1908-1910, une diminution totale de 20',96.

La station magnétique du Val-Joyeux est située à Villepreux (Seine-et-Oise) par 0°19'23" de longitude Ouest de Paris et 48°49'16" de latitude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le tremblement de terre du 3-4 janvier* 1911. Note de M. **Alfred Angot.**

Un tremblement de terre extrêmement violent, dont l'épicentre paraît être en Asie centrale, dans les monts Tian-Chan, a été enregistré sur les

(1) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 138.

sismographes du Parc Saint-Maur dans la nuit du 3 au 4 janvier dernier; c'est le plus intense qui se soit produit depuis l'origine des observations.

Le début des premières oscillations préliminaires est à 23ʰ 34ᵐ 44ˢ (temps moyen de Greenwich) le 3; le début des secondes oscillations préliminaires, sur lequel on peut hésiter, paraît être à 23ʰ 42ᵐ 25ˢ, époque à laquelle a lieu un changement de période. A 23ʰ 46ᵐ, on observe un premier groupe d'oscillations de grande amplitude; un second commence vers 23ʰ 53ᵐ. A partir de ce moment, et pendant 6 minutes environ, les oscillations sont tellement grandes que le style dépasse le plus souvent le papier. Leur amplitude sur le tracé ne peut être mesurée, mais dépasse 150ᵐᵐ, ce qui correspond à des mouvements réels du sol dont l'amplitude totale est de 0ᵐᵐ,7 à 0ᵐᵐ,8 au moins. L'agitation diminue ensuite peu à peu, mais on en retrouve encore des traces jusque vers 3ʰ 30ᵐ le 4.

M. Lebeuf, directeur de l'Observatoire de Besançon, m'a communiqué immédiatement les diagrammes qu'il a obtenus. Bien que l'appareil soit moins puissant qu'au Parc-Saint-Maur, les courbes présentent, dans leur ensemble, une grande analogie. Le début des premières oscillations préliminaires se produit à 23ʰ34ᵐ35ˢ, celui des secondes à 23ʰ42ᵐ6ˢ, et celui des grandes oscillations à 23ʰ52ᵐ.

Les renseignements d'Alger et de Marseille, où le tremblement de terre a été aussi enregistré, ne me sont pas encore parvenus.

Les mouvements du sol ont été assez intenses pour agiter les aimants des magnétographes. Au Val-Joyeux, cette agitation se remarque sur les trois instruments, mais est surtout très grande sur le bifilaire. Elle débute à 23ʰ49ᵐ et dure près de 30 minutes. Dans les premiers moments l'épaississement du trait dépasse 3ᵐᵐ; l'allure de ces perturbations semble d'ailleurs indiquer une origine purement mécanique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le tremblement de terre du* 3 *janvier* 1911. Note de M. Louis Fabry, présentée par M. B. Baillaud.

Dans la nuit du 3 au 4 janvier, le séismographe de l'Observatoire de Marseille a enregistré un tremblement de terre lointain très violent, car l'oscillation des plumes sur les feuilles de papier atteint 7ᶜᵐ,5 d'amplitude; l'amplification est de quarante-trois fois. Le tracé est à peu de chose près le même pour la composante Nord-Sud et pour la composante Est-Ouest, tant pour les amplitudes que pour les heures.

Le tremblement de terre débute brusquement le 3 janvier, à 11ʰ 34ᵐ 56ˢ du soir, temps

de Greenwich, par des vibrations très intenses qui durent jusqu'à 11^{h}42^{m}35^{s}. A ce moment, les ondes deviennent plus larges. A 11^{h}53^{m}30^{s} commencent les grandes ondes, qui atteignent leur maximum d'amplitude entre 11^{h}54^{m}35^{s} et minuit 1^{m}50^{s}. Elles décroissent ensuite graduellement, sont encore bien visibles à 1^{h}25^{m} du matin et disparaissent vers 1^{h}45^{m} du matin.

Le 3 janvier, à 5^{h}28^{m}5^{s} du soir, temps de Greenwich, le séismographe a marqué aussi sur ses deux feuilles une petite secousse à vibrations rapides, qui est probablement sans rapport avec le grand tremblement de terre.

Observations sur la Communication précédente (de M. Louis Fabry), par M. **Henri Bourget**, présentée par M. B. Baillaud.

Je pense que l'Académie accueillera avec intérêt, comme suite à la Note de M. Louis Fabry, quelques renseignements sur le sismographe nouvellement installé à l'Observatoire de Marseille.

Ce sismographe est un pendule conique bifilaire du modèle du D^{r} Mainka, construit par la maison Bosch. La masse pèse 130^{kg}. Le pavillon qui l'abrite est une construction de briques à deux parois séparées par une large couche d'air qui le garantit des variations brusques de température. L'instrument repose sur un bloc de béton de 2$^{m^3}$, isolé du sol du pavillon, de construction très soignée et solidement assis sur le rocher qui a été rencontré à 1^{m},5 du sol environ. J'étais préoccupé, au début, des perturbations que pourraient apporter, aux indications de cet instrument, le mouvement qui existe autour de l'Observatoire, en particulier les trains de la ligne Marseille-Nice qui passent non loin de là. Heureusement il n'en a rien été. Il semble que les ondes créées par ces mouvements soient trop courtes et de périodes trop faibles pour s'inscrire sur une bande de papier se déplaçant à la vitesse de 1^{cm} par minute environ. L'appareil semble donc appelé à donner de bonnes indications. J'en ai confié la charge à M. Louis Fabry que ses travaux sur le dernier tremblement de terre de Provence désignaient naturellement pour cet office.

A 4 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 9 JANVIER 1911.

Œuvres inédites de J. DE ROMAS *sur l'Électricité*, publiées par les soins de l'Académie de Bordeaux, choisies et annotées, par J. BERGONIÉ, avec une *Notice biographique et bibliographique*, par PAUL COURTEAULT, suivie d'un Appendice reproduisant les documents connus concernant de Romas et des documents inédits. Bordeaux, G. Gounouilhou, 1911; 1 vol. in-8°.

Statistique générale de la France. Résultats statistiques du recensement général de la population, effectué le 4 *mars* 1906. Tome I, 2e Partie : *Population présente totale. Population active et établissements.* — Tome III : *Population présente. Région de l'Ouest et du Midi.* Paris, Imprimerie nationale, 1910; 2 vol. in-4°.

Marine nationale. Statistique médicale de la Marine pendant l'année 1905; 7e année. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-4°.

Société d'Océanographie du golfe de Gascogne. *Météorologie et phénomènes solaires*, par HENRI MÉMERY. Bordeaux, 1910; 1 fasc. in-8°.

De l'origine des galets de roches houillères du terrain houiller, par CHARLES FRAIPONT. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1910; 1 fasc. in-8°.

Lamellibranche nouveau du Revinien belge, par CHARLES FRAIPONT. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1910; 1 fasc. in-8°.

Le théorème de Fermat, la solution, par LOUIS FRANK. Bruxelles, 1910; 1 fasc. in-4°.

Un candidat au prix Nobel (Littérature). Mémoire sommaire présenté à l'Académie suédoise, par Mlle MARIE POPELIN. Bruxelles, imp. Vve Monnom, 1906; 1 fasc. in-8°.

Synopsis of the report of the Superintendent of the United States naval Observatory, for the fiscal year ending june 30, 1910. Washington, 1910; 1 fasc. in-8°.

Fondation pour l'Internationalisme. *L'Internationalisme médical*, par P.-H. EIJKMAN. La Haye, Bureau préliminaire de la Fondation pour l'Internationalisme, et Amsterdam, F. van Rossen, 1910; 1 vol. in-8°.

La Naturaleza. Periodico cientifico del Museo N. de Historia natural y de la Sociedad mexicana de Historia natural; 3e série, t. I, n° 1. Mexico, 1910; 1 fac. in-8°.

Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Madrid; Tomo XIV : *Estudios preliminares sobre la Fauna malacologica de las islas Filipinas;* Atlas, entrega 6a. Tomo XV : *Estudios preliminares sobre los Moluscos terrestres y marinos de Espana, Portugal y las Baleares*, Madrid, 1910; 1 fasc. et 1 vol. in-4°. (*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JANVIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **B. Baillaud** présente à l'Académie le second fascicule du Tome VI des *Annales de l'Observatoire de Toulouse,* publié par M. E. Cosserat, directeur.

Ce fascicule contient une Étude de M. P. Caubet, calculateur à l'Observatoire de Toulouse, sur les principales inégalités du mouvement de la Lune qui dépendent de l'inclinaison.

M. Andoyer ayant mis en évidence et corrigé un certain nombre d'erreurs dans la théorie de Delaunay, M. P. Caubet en se bornant à la théorie solaire, c'est-à-dire aux perturbations produites par l'action du Soleil, a poursuivi la vérification des calculs de Delaunay. Son Mémoire est limité aux principaux termes qui dépendent de l'inclinaison. M. P. Caubet n'a trouvé que des erreurs de peu d'importance pratique, mais qui déparent la beauté de la théorie. D'autre part, il a calculé avec la même approximation, c'est-à-dire jusqu'au septième ordre, le logarithme du rayon vecteur et les trois coordonnées rectangulaires. Dans ce travail très ardu, M. Caubet a fait preuve d'une intelligence et d'une énergie bien dignes d'éloges.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces dont les normales touchent une quadrique.* Note de M. C. **Guichard**.

Soient M un point qui décrit une surface rapportée à ses lignes de courbure, MR et MS les tangentes principales, C et D les centres de courbure

correspondants et

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant de la représentation sphérique, a, b, m, n les rotations de ce déterminant. Je suppose que le point C se trouve sur la quadrique

$$\frac{X_1^2}{1-p_1^2} + \frac{X_2^2}{1-p_2^2} + X_3^2 = 1.$$

Soit q la distance de l'origine au plan CMS qui est tangent à la quadrique; β_1, β_2, β_3, q sont les coordonnées de ce plan et l'on a

(1) $$(1-p_1^2)\beta_1^2 + (1-p_2^2)\beta_2^2 + \beta_3^2 - q^2 = 0.$$

D'autre part β_1, β_2, β_3 et q sont solutions de l'équation

(2) $$\frac{\partial^2 \beta}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial u} \frac{\partial \beta}{\partial v} + mn\beta.$$

Soient $m(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ la représentation sphérique de M, mr la tangente à la courbe de paramètre v, les cosinus directeurs de mr sont β_1, β_2, β_3. Faisons sur la sphère la transformation homographique

(3) $$y_1 = \sqrt{1-p_1^2}\,\alpha_1, \qquad y_2 = \sqrt{1-p_2^2}\,\alpha_2, \qquad y_3 = \alpha_3.$$

Le point m se transforme en un point μ situé sur la quadrique donnée; la tangente mr en une tangente $\mu\rho$ ayant pour paramètres directeurs

(4) $$\theta_1 = \sqrt{1-p_1^2}\,\beta_1, \qquad \theta_2 = \sqrt{1-p_2^2}\,\beta_2, \qquad \theta_3 = \beta_3.$$

θ_1, θ_2, θ_3 et q sont solutions de l'équation (2) et, comme

$$\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 - q^2 = 0,$$

la droite $\mu\rho$ décrit une congruence de normales. On retombe donc sur un système analogue à celui qui a servi de point de départ. On en déduit le résultat suivant :

Si un point C *décrit une géodésique de la quadrique*

$$\frac{X_1^2}{1-p_1^2} + \frac{X_2^2}{1-p_2^2} + X_3^2 = 1,$$

et si α_1, α_2, α_3 *sont les cosinus directeurs de la tangente à la géodésique, le*

point μ qui a pour coordonnées

$$y_1 = \sqrt{1 - p_1^2}\,\alpha_1, \qquad y_2 = \sqrt{1 - p_2^2}\,\alpha_2, \qquad y_3 = \alpha_3,$$

décrit aussi une géodésique de cette quadrique.

On vérifie facilement que cette transformation est d'ordre 2.

On peut tirer d'autres conséquences de l'équation (1). Posons

(5) $$\beta'_1 = p_1\beta_1, \qquad \beta'_2 = p_1\beta_2, \qquad \beta'_3 = q.$$

Les β' satisfont à l'équation (2) et comme

$$\beta'^2_1 + \beta'^2_2 + \beta'^2_3 = 1,$$

β'_1, β'_2, β'_3 sont les cosinus directeurs de la tangente à un réseau O. On peut donc former un déterminant O,

$$\Delta' = \begin{vmatrix} \alpha'_1 & \alpha'_2 & \alpha'_3 \\ \beta'_1 & \beta'_2 & \beta'_3 \\ \gamma'_1 & \gamma'_2 & \gamma'_3 \end{vmatrix}.$$

Soient a', b', m', n' les rotations de ce déterminant. Puisque les β' satisfont à l'équation (2), on doit avoir

(6) $$n' = n\mathrm{V}, \qquad m' = m\frac{1}{\mathrm{V}},$$

V étant une fonction de v seul. En différentiant les équations (5) par rapport à v, on trouvera

(7) $$\mathrm{V}\gamma'_1 = p_1\gamma_1, \qquad \mathrm{V}\gamma'_2 = p_2\gamma_2.$$

On peut donc, quand la surface (M) est connue, déterminer tous les éléments du déterminant Δ'.

Soit maintenant θ un angle constant; on a

(8) $$(\cos^2\theta + p_1^2\sin^2\theta)\,\beta_1^2 + (\cos^2\theta + p_2^2\sin^2\theta)\,\beta_2^2 + \cos^2\theta\,\beta_3^2 + \sin^2\theta\,\beta'^2_2 = 1.$$

Si l'on pose alors

(9) $$\xi_1 = \beta_1\sqrt{\cos^2\theta + p_1^2\sin^2\theta}, \qquad \xi_2 = \beta_2\sqrt{\cos\theta + p_2^2\sin^2\theta},$$
$$\xi_3 = \beta_3\cos\theta, \qquad \xi_4 = \beta'_3\sin\theta,$$

on aura

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 + \xi_4^2 = 1,$$

et comme les ξ satisfont à l'équation (2), on en déduit que ce sont les élé-

ments d'un déterminant O à quatre lignes

$$D = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 \\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4 \end{vmatrix}.$$

On a d'ailleurs

$$\sum \left(\frac{\partial \xi}{\partial v}\right)^2 = \cos^2\theta \sum \left(\frac{\partial \beta}{\partial v}\right)^2 + \sin^2\theta \sum \left(\frac{\partial \beta'}{\partial v}\right)^2 = n^2[\cos^2\theta + V^2 \sin^2\theta] = n^2 V_1^2.$$

On en déduit les valeurs suivantes des η :

$$(10) \quad \begin{cases} \eta_1 = \gamma_1 \dfrac{\sqrt{\cos^2\theta + p_1^2 \sin^2\theta}}{V_1}, & \eta_2 = \gamma_2 \dfrac{\sqrt{\cos^2\theta + p_2^2 \sin^2\theta}}{V_1}, \\ \eta_3 = \gamma_3 \dfrac{\cos\theta}{V_1}, & \eta_4 = \gamma'_3 \dfrac{V \sin\theta}{V_1}. \end{cases}$$

Ayant les deux dernières lignes de D, on en déduit les deux premières à l'aide d'une quadrature.

Des formules (9) on déduit

$$(11) \quad \xi_1^2 \frac{(p_1^2 - 1)\sin^2\theta}{\cos^2\theta + p_1^2 \sin^2\theta} + \xi_2^2 \frac{(p_2^2 - 1)\sin^2\theta}{\cos^2\theta + p_2^2 \sin^2\theta} + \xi_3^2 \frac{-\sin^2\theta}{\cos^2\theta} + \xi_4^2 = 0$$

que j'écris sous la forme abrégée

$$(12) \quad \frac{\xi_1^2}{\lambda_1^2} + \frac{\xi_2^2}{\lambda_2^2} + \frac{\xi_3^2}{\lambda_3^2} + \xi_4^2 = 0.$$

Si ω est un angle constant, je désigne par X_i les quantités

$$X_i = x_i \cos\omega + y_i \sin\omega.$$

On aura alors

$$\sum X_i^2 = 1, \qquad \frac{\partial X_i}{\partial u} = h\xi_i.$$

Faisons la transformation homographique

$$Y_1 = \frac{1}{\lambda_1} X_1, \qquad Y_2 = \frac{1}{\lambda_2} X_2, \qquad Y_3 = \frac{1}{\lambda_3} X_3, \qquad Y_4 = X_4,$$

on aura

$$(13) \quad \lambda_1^2 Y_1^2 + \lambda_2^2 Y_2^2 + \lambda_3^2 Y_3^2 + Y_4^2 = 1 \quad \text{et} \quad \sum \left(\frac{\partial Y}{\partial u}\right)^2 = 0.$$

Le point qui a pour coordonnées Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 se trouve sur une quadrique

et décrit un réseau dont une tangente est isotrope. On voit facilement qu'on obtient par cette méthode tous les réseaux qui possèdent cette propriété. Le point de l'espace à trois dimensions qui a pour coordonnées Y_1, Y_2, Y_3 décrit un réseau d'une surface des centres, iY_4 est le rayon de courbure correspondant. On a donc le résultat suivant :

La recherche des surfaces telles qu'entre les coordonnées Y_1, Y_2, Y_3 *d'un point d'une nappe de la surface des centres et le rayon de courbure correspondant* ρ *existe une relation du deuxième degré se ramène, à une quadrature près, à la recherche des géodésiques d'une quadrique.*

M. Darboux a déjà étudié les surfaces telles qu'il existe une relation entre Y_1, Y_2, Y_3, ρ.

Si maintenant on effectue sur la surface (M) la transformation homographique (3), la congruence MR se transforme en une congruence de normales M'R', le réseau D en un réseau D' harmonique à M'R'. On pourra donc trouver une déformée de D'. En particulier, si V est une constante, D' décrit une quadrique; donc, *quand on connaît une surface de Liouville, on peut en déduire des déformées particulières de quadriques.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Remarque sur la Communication de M. Guichard.* Note de M. **Gaston Darboux.**

Dans la Note qu'on vient de lire, M. Guichard énonce, entre autres résultats intéressants, le suivant :

La recherche des surfaces telles qu'entre les coordonnées de l'un des centres de courbure principaux et le rayon de courbure correspondant existe une relation quelconque du deuxième degré se ramène, à une quadrature près, à la détermination des géodésiques d'une quadrique.

Cette belle proposition a ramené mon attention sur une théorie que j'avais développée en 1876 dans mon *Mémoire sur les solutions singulières des équations aux dérivées partielles du premier ordre* (*Mémoires des Savants étrangers*, t. XXVII, n° 2). J'y montre, comme conséquence d'une théorie générale, que si l'on veut obtenir toutes les surfaces pour lesquelles il y a une relation donnée

$$f(\alpha, \beta, \gamma, R) = 0, \tag{1}$$

entre les coordonnées α, β, γ du centre de courbure et le rayon de courbure R correspondant, on sera conduit à intégrer une équation aux dérivées partielles, qui sera du *premier* ordre seulement, et non du second ordre comme pourrait le faire supposer un examen superficiel de la question.

Cette équation aux dérivées partielles du premier ordre dont on fait dépendre la solution du problème peut même revêtir une forme élégante, si l'on raisonne comme il suit.

Il est clair que la surface cherchée serait pleinement déterminée si l'on connaissait une seconde relation

$$(2) \qquad \varphi(\alpha, \beta, \gamma, R) = 0$$

entre les coordonnées α, β, γ et le rayon R. Car il suffirait alors de prendre l'enveloppe de la sphère définie par l'équation

$$(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-\gamma)^2 - R^2 = 0,$$

où α, β, γ, R seraient liés par les équations (1) et (2). Or j'ai donné l'équation du premier ordre à laquelle doit satisfaire la fonction φ. On peut l'écrire sous la forme très symétrique

$$(3) \quad \left(\frac{\partial f}{\partial \alpha}\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha} + \frac{\partial f}{\partial \beta}\frac{\partial \varphi}{\partial \beta} + \frac{\partial f}{\partial \gamma}\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma} - \frac{\partial f}{\partial R}\frac{\partial \varphi}{\partial R}\right)^2$$
$$= \left[\left(\frac{\partial f}{\partial \alpha}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \beta}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \gamma}\right)^2 - \left(\frac{\partial f}{\partial R}\right)^2\right]\left[\left(\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \beta}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)^2 - \left(\frac{\partial \varphi}{\partial R}\right)^2\right].$$

D'après cela, supposons qu'on connaisse, dans l'espace à quatre dimensions engendré par le point de coordonnées α, β, γ, $R\sqrt{-1}$, un système orthogonal dont l'une des quatre familles comprenne la surface définie par l'équation (1). Soit

$$(4) \qquad d\alpha^2 + d\beta^2 + d\gamma^2 - dR^2 = H^2\,d\rho^2 + H_1^2\,d\rho_1^2 + H_2^2\,d\rho_2^2 + H_3^2\,d\rho_3^2$$

la formule qui donne l'élément linéaire de l'espace dans ce système quadruple.

Puisque la surface représentée par l'équation (1) fait partie d'une des familles qui composent le système, on pourra toujours supposer que son équation en coordonnées curvilignes soit

$$(5) \qquad \rho_3 = \text{const.},$$

et alors l'équation (3), où l'on pourra supposer

$$(6) \qquad \varphi = \mathscr{F}(\rho, \rho_1, \rho_2),$$

prendra la forme très simple

$$(7)\qquad \frac{1}{H^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho}\right)^2+\frac{1}{H_1^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_1}\right)^2+\frac{1}{H_2^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_2}\right)^2=0.$$

Les applications de ce résultat général sont nombreuses. Supposons d'abord, comme M. Guichard, que la relation (1) entre α, β, γ, R soit la plus générale du second degré. On sait que, dans tout espace à n dimensions, une surface du deuxième degré fait partie d'un système complètement orthogonal et qu'en particulier, dans un espace à quatre dimensions, on a pour les H_i les valeurs suivantes :

$$(8)\qquad H_i^2=\frac{(\rho_i-\rho_k)(\rho_i-\rho_l)(\rho_i-\rho_m)}{f(\rho_i)}\qquad (i=0,1,2,3)\qquad (i\neq k\neq l\neq m),$$

où $f(\rho_i)$ désigne un polynome du quatrième degré. L'équation (7) deviendra donc ici

$$(9)\qquad \frac{f(\rho)}{(\rho-\rho_1)(\rho-\rho_2)(\rho-\rho_3)}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho}\right)^2 + \frac{f(\rho_1)}{(\rho_1-\rho)(\rho_1-\rho_2)(\rho_1-\rho_3)}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_1}\right)^2+\frac{f(\rho_2)}{(\rho_2-\rho)(\rho_2-\rho_1)(\rho_2-\rho_3)}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_2}\right)^2=0,$$

et elle s'intégrera sans difficulté, car on pourra en écrire à vue une intégrale *complète*

$$(10)\qquad \varphi=\sum_{i=0}^{i=2}\int\sqrt{\frac{(A\rho_i+B)(\rho_i-\rho_3)}{f(\rho_i)}}\,d\rho_i+C,$$

A et B désignant deux constantes qu'il faudra joindre à celle qui est introduite par les quadratures.

Il n'y aura *rien* à changer à cette théorie, si l'on suppose que α, β, γ, R, au lieu d'être liés par une relation du deuxième degré, le soient par l'équation beaucoup plus générale

$$(11)\qquad (\alpha^2+\beta^2+\gamma^2-R^2)^2+u_1(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2-R^2)+u_2=0,$$

où u_1 et u_2 désignent des polynomes qui sont respectivement du premier et du deuxième degré en α, β, γ, R.

On sait, en effet, que les surfaces définies par l'équation (11) font partie d'un système quadruple orthogonal, analogue à celui qui est formé par les cyclides dans l'espace à trois dimensions. Et l'on pourra garder la formule (10), sauf à y supposer que $f(\rho_i)$ est, cette fois, un polynome, non du quatrième, mais du sixième degré.

On voit qu'on obtient ainsi l'intégration complète d'une équation aux dérivées partielles qui dépend de 19 constantes.

En utilisant la célèbre transformation de Sophus Lie, on déduira du résultat précédent qu'on peut, par de simples quadratures, déterminer toutes les surfaces dont les tangentes asymptotiques de l'un des systèmes appartiennent à un complexe du deuxième ordre quelconque.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La vie et l'œuvre d'un astronome illustre : Jean-Virginius Schiaparelli*, par Aug. Collard.

2° *Leçons de Cristallographie*, par G. Friedel. (Présenté par M. Termier.)

3° *Caoutchouc et gutta-percha*, par E. Tassilly. (Présenté par M. A. Haller.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les séries intégro-entières* [1]. Note de M. E. Cahen, présentée par M. Émile Picard.

Les lois élémentaires qui régissent le calcul des entiers ordinaires ont été appliquées dans d'autres domaines et généralisées de bien des façons : calcul des nombres entiers suivant un module; calcul des polynomes entiers, des polynomes intégro-entiers; calcul de ces polynomes suivant un module; calcul suivant deux modules, l'un étant un nombre et l'autre un polynome (Kronecker); calcul des entiers imaginaires, des quaternions, des tableaux (Kronecker); calcul dans un domaine de rationalité; calcul des entiers algébriques, des entiers d'un domaine, etc.

Le nombre de ces généralisations peut être augmenté indéfiniment et il serait à souhaiter qu'on en fît une étude générale.

En entreprenant cette étude, j'ai été amené à une généralisation nouvelle, celle relative aux *séries entières à coefficients entiers* ou *intégro-entières*.

Une telle série peut être convergente ou divergente suivant la valeur de x,

(1) Nous traduisons par *intégro-entier* l'expression allemande *ganz ganzzählig*, entier à coefficients entiers.

mais en tout cas elle peut être considérée comme un symbole représentatif de la suite infinie de ses coefficients.

Les théories de l'*addition*, de la *soustraction*, de la *multiplication* s'y appliquent immédiatement.

Nous appellerons *module* d'une série $\Sigma a_n x^n$ la valeur absolue de a_0.

Nous appellerons *rang* d'une série l'indice de son premier coefficient non nul, de sorte qu'une série de rang > 0 a un module $= 0$ et réciproquement.

Le module d'un produit est égal au produit des modules, et le rang à la somme des rangs des facteurs.

Le rapport de deux séries intégro-entières est une série entière dont les coefficients sont en général fractionnaires. Ce rapport n'existe d'ailleurs pas si le rang du dénominateur est supérieur à celui du numérateur.

Nous dirons qu'une série *intégro-entière* est divisible par une autre lorsque le rapport de la première à la seconde a tous ses coefficients entiers. Cela arrive en particulier lorsque le module de la série diviseur est égal à 1. Une série dont le module est égal à 1 divise donc toute autre série. Nous dirons que c'est une série *unité*.

Deux séries qui ne diffèrent que par un facteur unité seront dites *associées*. Elles ont le même module.

Parmi toutes les associées d'une série il y en a une et une seule dont tous les coefficients sont $\geqq 0$ et plus petits que le module. Nous l'appellerons *réduite*.

Il existe une opération analogue à la *division avec reste*.

Étant données $\Sigma a_n x^n$ et $\Sigma b_n x^n$, on peut déterminer et d'une seule façon une série $\Sigma q_n x^n$ telle que $\Sigma a_n x^n - (\Sigma b_n x^n)(\Sigma q_n x^n)$ ait tous ses coefficients positifs ou nuls et plus petits que le module de $\Sigma b_n x^n$.

Cela conduit à un algorithme identique à celui du plus grand commun diviseur de deux nombres entiers. Seulement il peut arriver que dans le courant du calcul, on soit conduit à un reste dont le module soit nul sans qu'il soit nul lui-même. Il est facile de démontrer que l'on peut supprimer la puissance de x qui est en facteur dans ce reste, sans changer les diviseurs communs aux deux séries proposées; mais cette circonstance modifie certains résultats ultérieurs. Finalement l'algorithme conduit à un diviseur commun aux deux séries et qui est tel que tout commun diviseur aux deux séries soit un diviseur de celui-là. On l'appellera le *plus grand commun diviseur*.

Mais étant données deux séries A et B, de plus grand commun divi-

seur D, on ne peut pas toujours trouver deux séries U et V telles que $AU + BV = D$; on peut seulement trouver deux séries U et V et un entier $\alpha \geqq 0$, tel que $AU + BV = x^\alpha D$.

La plus petite valeur possible de α sera dite *le rang de jonction* de A et B.

Si deux séries identiques $\Sigma a_n x^n$ et $\Sigma b_n x^n$ ont des modules a_0, b_0 premiers entre eux, elles sont premières entre elles et leur rang de jonction est zéro.

Si a_0 et b_0 ne sont pas premiers entre eux, soit d leur plus grand commun diviseur; si $\frac{a_1 b_0 - b_1 a_0}{d}$ et d sont premiers entre eux, les séries sont premières entre elles et leur rang de jonction est 1.

On peut ainsi énoncer un théorème général.

Dans toutes ces questions de divisibilité, des séries associées sont considérées comme identiques.

L'étude de la forme $AX + BY$, A et B étant des séries données, X et Y des séries variables, se ramène au cas où A et B sont premières entre elles. Dans ce cas, si le rang de jonction de A et B est zéro, la forme peut représenter n'importe quelle série, c'est-à-dire qu'elle est équivalente à la forme X (résultat analogue à celui connu pour les nombres entiers). Mais si le rang de jonction de A et B n'est pas nul, cela n'est plus vrai; on peut seulement donner à $AX + BY$ une forme réduite, à savoir $dX + xY$ si le rang de jonction est 1 (d étant un entier $\neq 1$);

$$(de + fx)X + exY + x^2 Z \quad (d, e, f \text{ entiers}, e \neq 1)$$

si le rang de jonction est 2, etc.

On étudiera d'une façon analogue les formes linéaires à plus de deux variables.

Toute série qui n'a d'autre diviseur que ses associées et les unités sera dite *première*.

Toute série est décomposable, d'une seule façon, en facteurs premiers.

Lorsque le module d'une série est un nombre premier, cette série est première.

Lorsque le module d'une série est un nombre composé de plusieurs facteurs premiers différents, cette série se décompose en plusieurs facteurs.

Enfin, lorsque le module d'une série est une puissance d'un seul facteur premier, il peut arriver ou que la série soit première, ou qu'elle ne le soit pas, cela dépend de ses autres coefficients.

Soit par exemple une série $p^2 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$ (p nombre premier $\neq 2$).

Il y a des séries de cette forme qui ne sont pas premières et qu'on obtient en multipliant deux séries dont les modules sont égaux à p.

Mais il y a des séries de cette forme qui sont premières, par exemple celles dans lesquelles le coefficient a_1 n'est pas divisible par p.

Si a_1 est divisible par p, soit $a_1 = p\alpha$; si $\alpha^2 - 4a_2$ n'est pas reste quadratique de p, la série est première, mais la réciproque n'est pas vraie. On ne peut pas, par un nombre fini de conditions entre les coefficients, exprimer que la série est décomposable.

On voit qu'il y aurait encore beaucoup de questions à élucider, celles relatives aux formes quadratiques en particulier.

Dans l'ensemble, le calcul des séries intégro-entières présente avec celui des nombres entiers des analogies et des différences suffisantes pour le rendre intéressant.

On peut enfin remarquer que ces séries forment un ensemble non dénombrable, même si l'on prend chacune d'elles sous sa forme réduite. Cette circonstance ne se présentait ni pour les polynomes intégro-entiers, ni pour les entiers d'un corps algébrique, ni pour aucune des généralisations connues, ayant une division analogue à la division avec reste des nombres entiers.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur la stabilisation des aéroplanes au moyen de gyroscopes.* Note (1) de M. **Girardville**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai poursuivi pendant mon séjour au Laboratoire de recherches aérostatiques de Chalais-Meudon des études expérimentales ayant trait à la stabilisation des aéroplanes au moyen de gyroscopes.

Les gyroscopes employés ont été construits sur les dessins de M. Delaporte, ingénieur de la maison Breguet. La masse tournante pèse environ $5^{kg},800$. La vitesse de rotation peut atteindre sans inconvénient de 10 000 à 12 000 tours : minute, mais on s'est contenté de les faire tourner à une vitesse de 6000 tours qui a été reconnue suffisante.

On n'a pas cherché à utiliser directement, pour la stabilisation, l'inertie

(1) Présentée dans la séance du 9 janvier 1911.

des gyroscopes. Ceux-ci étaient seulement chargés de conduire automatiquement des gouvernails susceptibles de rétablir à chaque instant l'équilibre de la machine.

A cet effet, les gyroscopes étaient enfermés dans un carter susceptible d'osciller librement par le moyen de deux tourillons autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation. Si cet axe de tourillonnement est dirigé par exemple dans le sens de la marche de l'aéroplane, et si l'appareil tend à s'incliner en profondeur soit pour se cabrer, soit pour piquer vers le sol, le gyroscope réagit contre ce mouvement d'inclinaison en prenant un mouvement de précession autour de l'axe de tourillonnement. C'est ce mouvement de précession qu'on transmet au gouvernail de profondeur par des liaisons convenables.

On a effectué une première série d'expériences au point fixe en montant le système du gyroscope et du gouvernail sur une charpente oscillante comme une sorte de grand fléau de balance. Le gouvernail était exposé au vent de la soufflerie qui avait servi aux expériences du colonel Renard sur les modèles de dirigeables. Dans ces conditions, quand on dérangeait l'équilibre du système, soit en déplaçant des masses mobiles portées par le fléau, soit en exerçant des percussions sur le fléau lui-même, on voyait le gouvernail commandé par le gyroscope rétablir automatiquement l'équilibre.

Une deuxième série d'expériences a été faite en transportant l'ensemble du système au sommet de la tour Eiffel et en opérant dans des vents violents et souvent irréguliers de 12^m à 15^m par seconde. Les résultats ont été identiques à ceux obtenus dans le vent de la soufflerie.

Il convient de faire remarquer qu'au début de ces expériences on avait été arrêté par les phénomènes suivants : sous l'influence du système gouvernail-gyroscope le fléau prenait des mouvements d'oscillation de part et d'autre de sa position moyenne, mouvements d'amplitude croissante et qui pouvaient atteindre une grande violence. Ces effets ont été complètement éliminés en disposant sur le fléau un plan qui participait à ses mouvements en se déplaçant dans un réservoir plein d'eau, et qui éteignait les oscillations comme une sorte de frein hydraulique. Cette disposition a été prise sur le conseil de M. le capitaine Brianchon, qui travaillait alors au Laboratoire.

Après ces essais au point fixe, on a procédé à des expériences en vol libre en disposant les stabilisateurs gyroscopiques sur des modèles d'aéroplanes non montés, puis sur des aéroplanes montés mais sans moteurs. Les appareils ainsi équipés effectuaient des glissades par une méthode analogue à celle de Lilienthal, des frères Wright et du capitaine Ferber.

Ces essais ont d'abord montré que, même avec des modèles ayant 12^{m^2}

de surface portante seulement, les réactions de l'air sur la voilure suffisaient pour remplacer l'action du frein hydraulique, de telle façon qu'en vol libre les appareils ne prenaient, sous l'action du système gouvernail-gyroscope, aucun mouvement d'oscillation périodique sensible.

Il a été aussi fait de nombreuses expériences en vol libre, en dérangeant l'équilibre de la machine par des changements dans la répartition de la charge, et en opérant dans des vents souvent irréguliers. Les gouvernails gyroscopiques ont toujours manœuvré dans le sens convenable, et avec une efficacité suffisante pour rétablir l'équilibre.

A la suite de ces expériences, j'ai monté les stabilisateurs gyroscopiques sur des aéroplanes à moteur dont je poursuis, à l'Établissement d'aviation militaire de Vincennes, la mise au point commencée à Chalais. Ils m'ont rendu de constants services dans cette période de réglage et d'essais variés, toujours assez délicate.

Au cours des premières expériences, l'énergie des gyroscopes était entretenue par le moteur au moyen d'une transmission à flexibles et galets de friction. J'obtiens actuellement des résultats encourageants en substituant à ce dispositif une commande aérodynamique, dans laquelle on emprunte l'énergie nécessaire pour les gyroscopes à une hélice auxiliaire de petit diamètre, exposée directement au vent de l'hélice propulsive.

Au cours de ces différents travaux, j'ai eu comme assistant M. M. Bocandé. Les études relatives à l'installation de la commande aérodynamique des gyroscopes ont été effectuées avec le concours de M. le capitaine Conade, de l'Établissement d'aviation militaire de Vincennes.

PHYSIQUE. — *Sur l'échauffement singulier des fils minces de platine.* Note de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. Armand Gautier.

On sait que la flamme d'un bec de Bunsen est capable de fondre un fil de platine de $0^{mm},02$ ou $0^{mm},03$, tandis qu'un fil plus gros ne fond pas. J'avais réussi à opérer cette fusion en employant au lieu d'une flamme un gros fil de platine roulé en spirale traversé par un courant énergique, et ceci m'a amené à mesurer l'échauffement d'une bobine de 5^{mm} de long sur 2^{mm} ou 3^{mm} de diamètre en fil mince de platine placé dans l'intérieur d'un cylindre métallique percé de part en part, chauffé électriquement ou au moyen d'un bain de plomb.

Un crayon en terre réfractaire à quatre trous porte deux thermomètres différentiels

de Le Chatelier. Dans le premier, le platine iridié forme un U dont la convexité est tournée vers le crayon et constitue avec les deux fils de platine une fourche dont les soudures forment les pointes, l'une d'elles portant la bobine; le galvanomètre indique la différence de température entre la bobine et la pointe nue. Dans l'autre circuit, le fil iridié est en longueur et les soudures sont placées à 15^{mm} environ en avant et en arrière des pointes de la fourche; ce second appareil fonctionne comme explorateur pour s'assurer que la température est égale des deux côtés. On atteint ce résultat en déplaçant le crayon jusqu'à ce que le galvanomètre marque zéro, ce qui correspond au maximum de température du chauffoir.

A ce moment le galvanomètre de la fourche, qui avait indiqué des différences dues à l'actinisme ayant environ le cinquième de la valeur des indications de l'explorateur, marque également zéro si l'enceinte n'a pas d'action spéciale, ce qui arrive avec le laiton recuit, le bronze et la porcelaine. Mais si l'on emploie un cylindre en cuivre ou une lame de nickel enroulée, on constate un excès d'échauffement de la bobine pouvant, à 500°, aller jusqu'à 0°,1.

Si l'on opère avec un appareil en cuivre neuf, on observe que jusqu'à 500° l'excès de température acquis par la bobine de fil fin de platine est proportionnel à la températnre du cylindre et se réduit à zéro à l'ambiante. Ceci permet de soupçonner que l'effet observé dépend de la chute de température dans le cylindre métallique. Pour le vérifier, on a placé, dans un tube de porcelaine chauffé par un fil enroulé uniformément, un cylindre métallique plus court et qui se trouvait tantôt au centre, tantôt de façon à ce qu'un des bouts voie le jour. Dans ce dernier cas la chute de température dans le métal est certainement plus forte et néanmoins la bobine ne s'échauffe que moitié moins que dans le second cas; le phénomène dépend donc du mode de décroissance de la température mais sans être proportionnel à la chute.

Dans une autre expérience, on a chauffé seulement les deux extrémités du cylindre métallique et l'on a constaté que la température était presque uniforme au centre; or l'effet avait totalement disparu; il paraît donc dépendre seulement de la rapidité de la décroissance au maximum de la courbe de température, autrement dit il est inverse du rayon de courbure. Cette expérience prouve aussi que ce n'est pas l'effet direct du recuit qui serait la cause du phénomène, car le recuit se produit quel que soit le dispositif. Cependant si l'on chauffe à 500° pendant 3 semaines un cylindre de cuivre, il perd la propriété d'échauffer la bobine. Au bout de 10 jours il n'a pas recouvré sensiblement son activité première.

Le cuivre et quelques autres métaux émettent, à chaud, des vapeurs

auxquelles on pourrait attribuer les effets observés; pour mettre le crayon à l'abri de l'influence des vapeurs, je l'ai entouré d'un tube en verre d'Iéna qui traversait de part en part le cylindre de métal; or, la déviation observée n'a diminué que d'un dixième environ de ce qu'elle était auparavant. On a constaté une diminution analogue avec une gaine de mica enroulée sur le crayon ou avec un petit capuchon de verre placé sur la bobine. Comme le verre est imperméable aux vapeurs, on peut conclure que le phénomène de caléfaction observé est dû à un rayonnement.

J'ai constaté que ce rayonnement traverse la plupart des lames métalliques de moins de $0^{mm},5$ et l'on peut, sans inconvénient, protéger les thermomètres différentiels avec une gaine de nickel mince enfilée sur l'extrémité du crayon. Mais les métaux nobles sont moins transparents, ce qui résulte déjà de la possibilité de mettre le rayonnement en évidence par une bobine de platine. Celle en palladium donne des chiffres égaux; mais l'or est déjà moins actif. Quant au cylindre-chauffoir, s'il n'a qu'une épaisseur de $0^{mm},5$, on n'observe rien; avec 2^{mm} on a la moitié; au delà de 6^{mm}, l'effet de caléfaction du fil de platine est total.

Je me réserve de continuer l'étude des rayons issus des masses métalliques inégalement chauffées, rayons qui, par leur pouvoir pénétrant, ressemblent à ceux qui paraissent produire l'échauffement des roches.

PHYSIQUE. — *Sur la sensibilité des mesures interférentielles et les moyens de l'accroître : appareils interférentiels à pénombres.* Note de M. A. COTTON, présentée par M. J. Violle.

Les appareils qui servent à mesurer les pouvoirs rotatoires et ceux (tout à fait analogues) qui servent à mesurer les biréfringences sont en réalité, comme l'on sait, des appareils d'interférence; les deux faisceaux, qui suivent pratiquement la même route, propagent sur une partie de ce trajet soit des vibrations circulaires inverses, soit des vibrations rectilignes à angle droit. Ces *appareils d'interférence en lumière polarisée* ont une très grande sensibilité. Il est facile, par exemple, d'avoir un polarimètre sensible à une minute d'arc : on met alors en évidence une différence de marche inférieure à $\frac{\lambda}{10000}$. On peut aller plus loin, atteindre $\frac{\lambda}{20000}$ ou même moins encore, avec des sources de lumière bien choisies et des précautions convenables.

Au contraire, avec les *appareils d'interférence ordinaires* où les deux fais-

ceaux (je ne considérerai que le cas de deux faisceaux seulement) ne sont pas polarisés, ou bien sont polarisés de la même manière, il est déjà difficile d'atteindre à coup sûr $\frac{1}{100}$ de longueur d'onde. Pourquoi ces appareils sont-ils, au moins, cent fois moins sensibles que les précédents? Il y a, en premier lieu, une raison d'ordre pratique : on voit sans peine que les surfaces, limitant les milieux traversés, doivent être travaillées avec plus de perfection que dans le cas des interférences en lumière polarisée; les deux faisceaux interférents sont séparés et ne traversent plus les mêmes parties de ces surfaces. Il faudra aussi éviter avec plus de soin les variations accidentelles (de température par exemple), en s'efforçant de faire en sorte qu'elles soient lentes et qu'elles s'exercent autant que possible de la même façon sur les trajets des deux faisceaux.

Mais il y a une autre raison, tenant aux procédés employés eux-mêmes, qu'il est bon de signaler. *Si les appareils polarimétriques* (ou analogues) *sont plus sensibles, c'est aussi parce qu'on ramène la constatation de la différence de marche à une opération photométrique faite dans de meilleures conditions.* Dans les cas où l'on observe des franges, on les observe autrement. On ne se borne pas, comme dans les appareils d'interférence ordinaires, à l'emploi d'un simple réticule avec lequel on ramène en coïncidence la frange observée; on emploie une frange coupée dont les deux parties sont amenées à coïncider; ou bien on place la frange entre *deux* fils ou deux traits parallèles. En outre, avec les appareils les plus employés aujourd'hui, ce ne sont plus des franges proprement dites qu'on observe, mais des *pénombres*, c'est-à-dire des plages uniformes sur toute l'étendue observée, séparées par une ligne que l'on s'efforce de rendre très fine. La sensibilité des divers appareils à pénombres employés dans les mêmes conditions, ainsi que l'a montré Tuckerman dans une étude intéressante (¹), dépend surtout de l'aspect de cette ligne de séparation, et aussi du rôle joué par la lumière parasite.

En s'inspirant alors de ces procédés employés pour les mesures de biréfringence ou de pouvoir rotatoire, on peut indiquer des moyens de rendre plus sensibles les appareils ordinaires d'interférence. Voici en particulier deux solutions qui permettraient d'en faire des appareils à pénombres, et pour lesquelles j'espère pouvoir faire construire les appareils nécessaires :

La première solution est celle à laquelle on arrive en cherchant à ramener une mesure interférentielle à la mesure d'une biréfringence. On est alors conduit à em-

(¹) L.-B. Tuckerman, *University of Nebraska Studies*, t. IX, avril 1909, n° 2.

ployer un appareil que M. Brillouin [1] a imaginé et fait construire dans un but différent (pour la mesure, avec un appareil *portatif*, de très petites déviations angulaires d'un équipage suspendu à un fil). Mais on prendra des spaths plus épais pour avoir entre les deux faisceaux un écart suffisant; on remplacera la lumière blanche (puisqu'il ne s'agit plus d'observations à faire en campagne) par un faisceau sensiblement monochromatique; enfin, au compensateur de Babinet, on substituera un bon analyseur à pénombres (de Brace ou de Chauvin).

Une deuxième solution consiste à modifier légèrement l'interféromètre de Michelson : la surface de l'un des deux miroirs argentés, sur laquelle on mettra au point, sera formée de deux parties m_1, m_2 parallèles, mais *très légèrement en retrait*, d'une quantité ε, l'une par rapport à l'autre. On arrivera, par exemple, à ce résultat en attaquant soit l'argenture du miroir, prise suffisamment épaisse, soit le verre luimême [expériences de lord Rayleigh [2] sur l'action de l'acide fluorhydrique].

L'appareil ayant été réglé (par l'élargissement progressif des franges localisées) de façon que l'image de l'autre miroir (plan de référence) soit parallèle à m_1, m_2, on pourra, par le jeu du compensateur, éteindre (si les deux faisceaux ont bien la même intensité) successivement les deux moitiés m_1, m_2 du champ. Entre ces deux positions extrêmes se trouvera une position donnant l'égalité des pénombres, position qui sera déterminée avec une grande précision, comme le montre un calcul très simple, si la valeur de ε peut être prise assez petite.

Ici encore, les remarques faites à propos des mesures polarimétriques resteront valables : il faudra éviter autant que possible toute lumière parasite (diffusée ou réfléchie). La difficulté la plus sérieuse réside dans le travail des surfaces : il ne faut pas pourtant se l'exagérer, des portions assez petites peuvent en effet être utilisées. D'ailleurs, on ne doit pas l'oublier, à tout progrès des appareils interférentiels correspond un progrès possible dans l'exécution des surfaces optiques.

PHYSIQUE. — *Résistance au mouvement dans un fluide de petits corps non sphériques*. Note de M. **Jacques Boselli**, présentée par M. J. Violle.

On sait que d'après Stokes une sphère de rayon R animée d'une vitesse uniforme w dans un liquide de viscosité η éprouve une résistance ayant pour

---

(1) M. Brillouin, *Mesure des très petits angles de rotation* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 786); *Mémoire sur l'ellipticité du géoïde dans le tunnel du Simplon* (*Savants étrangers*, t. XXXIII, n° 3). — En réglant convenablement l'écart des repères entourant la frange, M. Brillouin, même avec une source peu intense, atteint $\frac{1}{200}$ de frange.

(2) L. Rayleigh, *Phil. Mag.*, t. XV, 1908, p. 554.

expression $6\pi\eta R w$ et que, par suite, si le mouvement de la sphère est dû à la pesanteur, on a la relation

$$(1) \qquad Vg(D - D_1) = 6\pi R \eta w,$$

V étant le volume de la sphère, D sa masse spécifique et D_1 celle du liquide. Cette relation paraît s'appliquer même à de petites sphères qu'anime le mouvement brownien. M. J. Perrin (*Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 475) a en effet vérifié que la loi de Stokes convient dans un liquide pour R de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de micron.

Il nous a semblé intéressant sur son conseil d'étudier expérimentalement la chute de corps microscopiques non sphériques; nous avons choisi les globules rouges du sang en suspension dans des solutions aqueuses isotoniques [1]. Ces globules ont la forme de disques elliptiques et renflés au milieu chez les Oiseaux, circulaires et déprimés au milieu chez presque tous les Mammifères; quand ces globules tombent dans un liquide visqueux, la force due à la pesanteur est toujours représentée par le premier membre de (1); on peut faire l'hypothèse qu'au moins en première approximation, la résistance est proportionnelle à la viscosité du liquide; par suite l'équation de la chute est de la forme

$$(2) \qquad Vg(D - D_1) = \eta w A,$$

où tous les termes, sauf A, peuvent être mesurés.

Nous avons étudié des globules de lapin (disques circulaires sans noyau) et de poule (disques elliptiques avec noyau) en suspension dans des solutions isotoniques de NaCl et de saccharose (le sérum avait été entièrement éliminé par des centrifugations).

La vitesse de chute a été mesurée, comme l'a fait M. J. Perrin pour les grains de gomme-gutte; la suspension de globules était placée dans des tubes de $0^{cm},15$ de diamètre intérieur, placés verticalement dans un thermostat à eau à $30°,8$. Le liquide, d'abord coloré sur toute sa hauteur, se décolorait progressivement dans les couches supérieures; on mesurait après un temps que l'on notait la distance de la surface libre au niveau de séparation des parties colorée et incolore du liquide. Pour mesurer la densité des globules, nous avons employé la méthode suivante :

On prépare une série de tubes à essai contenant des mélanges CCl^4 + huile de

(1) Ces suspensions sont suffisamment homogènes; en outre, nous avons vérifié au microscope qu'à la dilution employée, les globules ne se mettaient pas en pile et, par suite, tombaient séparément.

vaseline de densités croissantes et l'on verse dans chaque tube un peu d'une suspension de globules; puis on centrifuge tous ces tubes. On peut obtenir ainsi deux tubes contenant deux mélanges CCl^4 + huile, de densités très voisines, présentant l'aspect suivant : dans l'un, au-dessus du mélange CCl^4 + huile, on voit une couche de solution isotonique colorée en rouge vif par les globules; dans l'autre, cette couche est entièrement décolorée, les globules ayant traversé la surface de séparation des deux liquides et étant au fond du tube.

Nous avons ainsi trouvé D égal à 1,070 pour les globules de lapin et à 1,072 pour ceux de poule.

Le volume moyen d'un globule était mesuré en pesant dans un flacon à densité de volume U une suspension concentrée de globules; le poids $(U - x)D_1 + xD$ de la suspension permet de calculer le volume total x occupé par les globules; une numération microscopique donne le volume moyen d'un globule; ce volume est de $55,4 \times 10^{-12}$ pour les globules de lapin et de 121×10^{-12} pour ceux de poule.

Les autres données nécessaires pour calculer A sont les suivantes :

	Globules de lapin (Na Cl).	Globules de lapin (saccharose).	Globules de poule. (Na Cl).
$D - D_1$...........	$6,92 \times 10^{-2}$	$5,65 \times 10^{-2}$	$7,12 \times 10^{-2}$
η................	$8,076 \times 10^{-3}$	$8,612 \times 10^{-3}$	$8,076 \times 10^{-3}$
w................	$1,59 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$	$2,94 \times 10^{-4}$

De toutes ces données on tire pour A les valeurs suivantes :

Globules de lapin	dans solution	NaCl....................	$A = 2,92 \times 10^{-3}$
»	»	»	saccharose...............	3×10^{-3}
» de poule	»	NaCl....................	$3,6 \times 10^{-3}$

On voit que la valeur de A est la même, qu'on étudie une suspension de globules de lapin dans une solution isotonique de NaCl ou de saccharose, ce qui confirme notre hypothèse d'après laquelle la vitesse de chute est, toutes choses égales, inversement proportionnelle à la viscosité.

Il peut paraître intéressant de comparer la valeur de A avec le diamètre d du disque circulaire constitué par un globule de lapin. D'après nos mesures au micromètre, la valeur moyenne de d était $7,08 \times 10^{-4}$; le rapport $\frac{A}{d}$ est donc 4,18. Dans le cas d'une sphère, le rapport analogue est

$$\frac{6\pi R}{2R} = 9,4.$$

Le rayon d'une sphère de même densité qu'un globule et tombant avec la même vitesse, toutes choses égales, est $2,90 \times 10^{-4}$.

Bien que les globules de poule et de lapin ne soient pas tout à fait de même forme, nous comparerons les rapports des valeurs de A correspondantes et des diamètres moyens : le diamètre moyen d'un globule de poule étant défini la valeur moyenne $9,3 \times 10^{-4}$ du grand diamètre moyen de l'ellipse $11,4 \times 10^{-4}$ et du petit diamètre moyen $7,3 \times 10^{-4}$.

Le rapport des valeurs de A est $\frac{3,6}{3} = 1,2$ et le rapport des diamètres moyens $\frac{9,3}{7,08} = 1,31$. Nous voyons ici une analogie avec le cas de la sphère; en effet les deux rapports précédents sont peu différents et, par suite, il est permis de supposer que le terme A de la formule (2) soit proportionnel au diamètre d'un disque, de même que le second membre de (1) est proportionnel à R.

PHYSIQUE. — *Sur la radiation du sulfate de quinine, ionisation et luminescence.* Note de MM. DE **BROGLIE** et **L. BRIZARD**, présentée par M. E. Bouty.

G. Le Bon (1) a montré que le sulfate de quinine a le pouvoir de décharger un électroscope placé dans le voisinage, quand il est chauffé ou qu'il se refroidit après une chauffe ; en même temps, le sel est phosphorescent et subit des variations d'hydratation.

Miss Gates (2) a examiné les conditions de cette conductibilité, et trouvé que la radiation émise par les sulfates de quinine, de cinchonine, etc., est d'un caractère très absorbable, en même temps que liée à l'hydratation.

L'ionisation de l'air situé entre les plateaux d'un condensateur qui contient la substance active est plus forte quand cette dernière est au plateau positif et ne présente pas de tendance à la saturation, même pour des champs intenses. Kalähne (3) a obtenu des résultats qui confirment les précédents, et trouvé notamment que dans l'hydrogène le courant est plus fort que dans l'air ou le gaz carbonique.

La question de l'origine et de la nature de ces phénomènes est encore bien obscure; les différences profondes qui les séparent de la radioactivité ont été signalées dès le début, et le rôle de la lumière ultraviolette, un

(1) G. LE BON, *Comptes rendus*, 1900.

(2) Miss GATES, *Physical Review*, 1904, 1906, 1907.

(3) *Annalen der Physik*, 1905.

instant soupçonné, ne paraît pas devoir être confirmé. Nous avons fait quelques recherches, qui nous conduisent aux résultats suivants :

1. *Phénomènes électriques.* — Les mesures obtenues en plaçant le sel entre les plateaux d'un condensateur ne conduisent pas à l'obtention d'une courbe de saturation; si l'on dispose la substance à une certaine distance au-dessous du plateau inférieur constitué par une toile métallique, la conductibilité s'observe encore, ce qui élimine l'influence possible d'une convection; de plus, la courbe reliant le courant au champ se rapproche d'une courbe de saturation. En faisant varier la distance de la matière au condensateur, on observe des résultats qui s'interprètent bien par une diffusion vers le condensateur d'une couche d'air ionisé partant du sel, et ne paraissent pas d'accord avec l'hypothèse d'une radiation s'étendant à une distance finie.

D'autre part, l'étude du gaz ionisé obtenu en faisant passer un courant d'air sur une galette de sel actif, gâché avec du plâtre pour éviter les poussières, montre l'existence d'une recombinaison rapide; ce fait paraît bien indiquer que l'absence de saturation dans l'expérience où le sel est à l'intérieur du condensateur provient, non pas d'une faible mobilité des ions positifs et négatifs présents, mais de leur répartition en une couche très mince à la surface de la matière.

2. *Action de la pression et de la nature du gaz ambiant.* — En réduisant la pression dans une cloche que renferme le condensateur et le sulfate en voie d'hydratation, les phénomènes électriques et lumineux sont, pendant toute la durée de l'expérience, beaucoup plus marqués que dans l'air ordinaire, et cela dans des conditions où des pesées précises nous ont montré que l'hydratation n'était pas plus active (par exemple : un poids de $0^{g},550$ de sel placé dans l'air avait repris toute son humidité moins 2^{mg} et un échantillon analogue dans le gaz raréfié avait repris dans le même temps 1^{mg} *de moins*).

C'est surtout lorsque la pression est déjà relativement très diminuée et de l'ordre de $\frac{1}{10}$ d'atmosphère que les effets observés augmentent notablement.

En opérant dans de l'hydrogène à la pression ordinaire, au lieu de raréfier l'air, on obtient des résultats analogues, mais moins marqués.

L'augmentation d'intensité des phénomènes électriques pourrait s'expliquer par une diffusion plus rapide de la couche de gaz ionisé avoisinant le sel; mais on ne rendrait pas compte ainsi de l'accroissement de luminosité. Les deux ordres de manifestations électrique et lumineuse semblent plutôt liées à une cause commune, dépendant de la pression et de la nature du gaz et susceptible de varier même quand les conditions de vitesse d'hydratation restent semblables.

3. *Phénomènes lumineux.* — En examinant dans l'obscurité du sulfate de quinine finement pulvérisé, en voie d'hydratation, on observe une lueur continue; avec du sel primitivement en cristaux plus gros, il se produit des phénomènes de scintillation qui peuvent être très brillants, par exemple en chauffant pendant une demi-heure dans une étuve à 120° une petite quantité de sulfate de cinchonine et la laissant refroidir à l'air, on peut voir à la loupe une multitude d'éclairs rappelant l'aspect du spinthariscope; à pression réduite, le nombre des points brillants s'accroît notablement.

D'autre part, les substances étudiées sont triboluminescentes et, pendant l'hydratation, on entend souvent des bruits secs, dus à des décrépitations, qui s'accompagnent de projections, parfois très visibles, avec des particules cristallines de dimensions

suffisantes; il paraît hors de doute que les changements de volume dus à la variation d'hydratation provoquent la rupture et conséquemment la triboluminescence des cristaux.

Conclusion. — Sans qu'on puisse considérer cette explication comme autre chose qu'une hypothèse de travail, on est amené à penser que les faits observés s'expliquent bien en admettant que les scintillations visibles et même la lueur continue, qui peut n'être qu'une scintillation non résolue, sont dues à de petites décharges électriques produites au moment de la brusque rupture des cristaux soumis à des efforts brisants.

L'ionisation du gaz au voisinage du sel et sa nature dissymétrique (1), les effets lumineux ainsi que le rôle de la nature et de la pression du gaz, l'influence de la grosseur des cristaux et la fatigue du phénomène répété un grand nombre de fois sur le même échantillon se conçoivent bien avec cette manière de voir.

Cette idée se rapproche de l'interprétation donnée par M. Tommasina (2) pour la scintillation de la blende en présence des rayons α (3).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'or brun.* Note (4) de M. **Hanriot**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note précédente j'ai désigné, sous le nom d'*or brun*, l'or très divisé qu'on obtient en attaquant par un acide un alliage d'or et d'argent. Soumis à l'action de la chaleur, il change de couleur en même temps qu'il subit un retrait considérable. Le retrait n'est pas brusque et n'arrive à sa valeur définitive qu'au bout de 5 à 6 heures. Ainsi une lame, chauffée à température constante, m'a donné :

Temps.	Retraits.
1h	6,25
2	9
4	11,7
5	11,7
7	12,5
8h30m	12,5

(1) La décharge est un phénomène dissymétrique et l'ionisation des gaz d'étincelle renferme généralement un excès d'ions d'un signe ou de l'autre suivant les conditions.

(2) *Comptes rendus*, 1903.

(3) Voir aussi M. L. Matout, *Le Radium*, 1905.

(4) Présentée dans la séance du 9 janvier 1911.

Dans les expériences qui vont suivre, le retrait à une température donnée sera donc exprimé par le retrait limite, celui qui a lieu pour un temps de chauffe suffisamment prolongé.

Influence de la température. — Le retrait de la lame pendant l'attaque par l'acide nitrique ne dépend que de la composition initiale de l'alliage ; il reste le même si l'attaque a lieu à 60°, 80° ou à 100°. Si l'on élève la température de la lame jusque vers 250°, elle ne change pas de longueur, mais à partir de 250° et jusque vers 500°, le retrait devient considérable. Il redevient faible au-dessus de cette température tout en continuant jusqu'au voisinage du point de fusion.

Voici les chiffres fournis par trois lames de même composition :

Températures.	1.	2.	3.
100°	21,2	20,7	20,07
200	21,3	20,9	20,3
300	27,5	29,5	31
400	34	34,4	35
500	36,7	36,7	37,7
700	39,5	39,6	40,7
950	40,8	40,9	41,6

On voit que de telles lames ont sensiblement le même retrait.

Influence de l'épaisseur. — L'influence de l'épaisseur est nulle; elle n'agit ni sur la limite du retrait, ni sur sa durée. L'exemple que voici a trait à 2 lames de même composition portées de 500° à 650° :

Temps de chauffe.	Épaisseurs. 0m,4.	0m,1.
Début	37,1	37,1
1 heure	37,8	37,8
2 heures	38,6	37,8
4 »	39,5	38,6
5 »	39,5	39,3
7 »	40	40

La seule remarque à faire, c'est que les lames les plus épaisses doivent être chauffées plus longtemps avec l'acide nitrique pour enlever l'argent aussi complètement qu'aux lames minces.

Le retrait a donc lieu en tous sens, ce qui permet de calculer le changement de volume à toute température.

Influence du mode de chauffe. — J'ai dit que le retrait dépendait de la température maxima à laquelle la lame avait été portée. Or, cette température peut être atteinte

brusquement ou par un chauffage lent et progressif. Les chiffres suivants se rapportent à des lames deux à deux de même composition, dont la première a été lentement (2 jours) portée à 700°, tandis que l'autre a été chauffée brusquement à cette température :

Temps de chauffe à 900°.	Alliage de 1 partie or et 3 parties argent.		Alliage de 1 partie or et 3,5 parties argent.	
1 heure.........	42,4	40,6	43,9	41,7
2 heures........	42,5	41,3	44,1	42,4
5 »	42,5	41,9	44,1	43,4
7 »	42,5	41,9	44,1	43,4

La limite du retrait est donc sensiblement la même dans les deux cas, mais les lames qui avaient été chauffées antérieurement à 700° ont beaucoup plus vite atteint cette limite que celles qui ont été portées brusquement à 900°.

Influence de la composition de l'alliage initial. — On a vu que la composition de l'alliage or-argent qui sert à préparer les lames d'or brun avait une influence prépondérante sur le retrait pendant l'attaque par les acides. Elle en a une également sur le retrait par la chaleur, mais inverse de la précédente, c'est-à-dire que les retraits, fort différents après le passage dans l'acide, tendent à se rapprocher quand on chauffe les lames, et arriveraient à se confondre au moment de la fusion :

Composition de l'alliage...	1 Au. 3,5 Ag.	1 Au. 3 Ag.	1 Au. 2,5 Ag.	1 Au. 2 Ag.	1 Au. 1,5 Ag.	1 Au. 1 Ag.
Dans l'acide..........	24	20,7	13,2	9,05	1,6	0,4
150°.................	24	20,7	13,2	9,05	1,6	0,4
200°.................	24	21	13,5	10,35	1,6	0,4
300°.................	38,2	29,4	27,3	24	9,9	2,2
500°.................	41,8	37,3	37,4	33,2	18,9	8,4
700°.................	43,7	40,2	38,1	37,2	26,1	14,5
950°.................	44,5	41	38,1	37,2	29,6	18,1

Ainsi pour les deux lames 1 et 4, l'écart, qui était de 15 après passage à l'acide, n'est plus que de 7 après l'action de la chaleur.

Influence des impuretés et du recuit. — On a dit que le défaut de recuit entraîne la présence constante d'une certaine quantité d'argent dans les lames, en sorte qu'il devient difficile de préciser si les perturbations dans le retrait que l'on constate dans les lames mal recuites tient à leur état physique ou à la petite quantité d'argent que l'on y trouve. Nous avons préparé trois lames avec le même alliage et les avons attaquées par l'acide dans les mêmes conditions, seulement la première lame avait subi

deux recuits, l'un pendant le laminage et l'autre à la fin; la deuxième lame n'avait eu que le recuit final et la troisième pas de recuit.

	2 recuits.	1 recuit.	Pas de recuit.
Retrait dans l'acide.......	21,2	19,5	5,8
» 150°............	21,2	19,5	6,38
» 200°............	21,3	19,6	7,46
» 300°............	27,5	26,7	22,7
» 500°............	36,7	35,9	25,3
» 600°............	39	37,2	25,7
» 950°............	40,8	37,2	25,7
Teneur en argent	0,0001	0,00028	0,0035

On voit que l'écart considérable qui existait entre les retraits des lames après passage à l'acide reste sensiblement le même après l'action de la chaleur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouvel élément qui accompagne le lutécium et le scandium dans les terres de la gadolinite : le celtium.* Note de M. G. URBAIN, présentée par M. A. Haller.

La plupart des terres rares qui ont fait l'objet de mes recherches dans ces dernières années provenaient d'un grand traitement de xénotime. De l'ytterbium extrait de ces terres, j'ai pu isoler approximativement un élément nouveau, le lutécium. Mais j'ai dû arrêter mes purifications, faute de matière.

J'ai traité depuis des terres de la gadolinite afin d'augmenter ma provision de lutécium. En poursuivant les fractionnements de ces terres par la cristallisation des nitrates dans l'acide nitrique de densité 1,3, j'ai obtenu après de très nombreuses cristallisations quelques gouttes d'une eau mère qui se refusait à cristalliser.

Des impuretés de toutes sortes, provenant soit des vases, soit des réactifs, s'accumulent nécessairement dans des eaux mères successives. J'ai fait différents traitements de ces eaux mères, par l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque et l'acide oxalique, de manière à éliminer tout ce qui, dans cette substance, n'appartenait pas au groupe des terres rares. J'ai examiné ensuite la terre purifiée et parfaitement blanche.

La mesure du coefficient d'aimantation de cet oxyde m'a donné la valeur $4,1 \times 10^{-6}$ remarquablement basse. Mes meilleurs oxydes de lutécium

extrait du xénotime ont des coefficients d'aimantation trois à quatre fois plus élevés.

L'analyse spectrographique révèle dans cette substance, outre la présence du lutécium et d'une trace de néoytterbium, celle du scandium et celle de traces négligeables de calcium et de magnésium. Le scandium se trouvait certainement en trop faible quantité dans cette terre pour diminuer, à un tel point, le paramagnétisme de l'oxyde de lutécium. L'abaissement du magnétisme devait être attribué à quelque autre substance.

En comparant ce spectre avec ceux du lutécium, du xénotime, du néoytterbium et du scandium, il me resta un assez grand nombre de raies parmi lesquelles s'en trouvaient d'extrêmement intenses. Après avoir mesuré ces raies, j'en ai comparé les longueurs d'onde, successivement, avec celles des raies des spectres d'arc de tous les corps connus. Je n'ai pu observer ainsi que des coïncidences fortuites qui se sont toutes évanouies par un examen plus approfondi.

Les principales raies de ce spectre d'arc, comprises entre $\lambda = 2450$ et $\lambda = 3700$, limites entre lesquelles ont porté mes mesures, sont les suivantes :

2459,4 moyenne;	2870,2 moyenne ;
2469,3 moyenne;	2885,1 assez forte ;
2481,6 assez forte;	2903,9 assez forte ;
2536,9 assez forte;	2931,7 moyenne ;
2677,7 moyenne;	2949,5 assez forte ;
2685,2 très forte;	3080,7 très forte ;
2729,1 forte;	3118,6 très forte ;
2737,9 moyenne;	3171,4 forte ;
2765,8 très forte;	3197,9 très forte ;
2834,3 assez forte;	3326,0 assez forte ;
2837,3 assez forte;	3391,5 forte ;
2845,2 forte;	3665,6 moyenne.

Le chlorure de cette terre est un peu plus volatil que le chlorure de lutécium et moins volatil que le chlorure de scandium.

Son hydroxyde est une base plus faible que l'oxyde de lutécium et plus forte que l'oxyde de scandium.

L'ensemble des autres caractères rapproche également cette terre du lutécium et du scandium.

Comme l'identité de cette terre nouvelle n'est pas douteuse et que je l'ai obtenue en somme dans un grand état de concentration, je propose de donner à l'élément qui lui correspond le nom de *celtium* avec le symbole Ct.

Il est très remarquable que ce celtium n'existe pas (ou du moins n'existe qu'à l'état de traces infimes) dans les terres du xénotime, car j'ai pu relever, dans le lutécium extrait de ce minéral, la présence des plus fortes de ces raies.

MINÉRALOGIE. — *Sur le gisement métallifère du Gebel Roussas (Égypte).* Note de M. **R. Fourtau**, présentée par M. A. Lacroix.

Je viens d'avoir l'occasion, au cours d'un voyage d'études, de visiter le gîte métallifère du Gebel Roussas, situé sur le littoral de la mer Rouge à 110^{km} au sud de Kosseir, par 34°42′ de longitude Est de Greenwich et par 25°17′ de latitude Nord.

A près de 5^{km} du rivage actuel, sur la bande littorale qui, des derniers contreforts du massif archéen du Gebel Igli, descend vers la mer Rouge avec une pente générale assez régulière de 0^{m},02 par mètre, l'on trouve, aux environs de la cote + 100, deux mamelons hauts de 15^{m} et longs de 130^{m} désignés depuis longtemps par les Ababdehs (nomades habitant le nord de l'Etbaye entre la vallée du Nil et la mer Rouge), sous le nom de *Gebel Roussas* ou *montagne du plomb*.

Les travaux de recherches entrepris depuis un an par M. Joseph-André Zahar, le concessionnaire actuel de cette mine, m'ont permis d'y constater la présence de quatre niveaux fortement minéralisés séparés par des couches à faible minéralisation.

Une coupe dirigée du NNO au SSE les montre se continuant avec un pendage de 5° environ sur près de 1^{km} et une coupe perpendiculaire à la première y fait voir un anticlinal assez prononcé dont le sommet serait sur l'axe longitudinal des mamelons.

De haut en bas, la coupe de ce gisement peut s'établir ainsi qu'il suit :

A. Couche détritique; cailloutis d'érosion du massif archéen englobés dans un sable à éléments granitiques et quartzeux : 3^{m} à 4^{m}.

B. Couche d'hématite et de silicate de fer formant le chapeau de la mine : 0^{m},05.

C. Premier niveau métallisé. Calcaire siliceux contenant 17 pour 100 de zinc, soit 32,7 pour 100 de $ZnCO^3$, avec, par places, des rognons de calamine ($H^2Zn^2SiO^5$) (il y a environ 1 pour 100 de plomb à l'état de $PbCO^3$ et de fortes traces de fer) : 0^{m},40.

D. Marnes argileuses vertes, fissiles, contenant de 6 à 10 pour 100 de zinc : 4^{m} à 5^{m}.

E. Deuxième niveau métallisé. Couche de calamine terreuse (86 pour 100 de $H^4Zn^3CO^8$) avec traces de cérusite et de protoxydes de fer et de manganèse : 0^{m},60.

F. Marnes argileuses vertes, colorées par places de plaques rouges de zincite (ZnO) et contenant des lentilles de limonite zincifère (25 pour 100 de Zn). La teneur en zinc des marnes varie entre 10 et 17 pour 100 : 3^{m} à 3^{m},50.

G. Troisième niveau métallisé. Complexe de zinconise avec géodes de smithsonite empâtant d'énormes amas amygdaloïdes de galène auréolés de cérusite. Certaines parties contiennent aussi de fortes proportions de manganèse et de fer. On y voit des enduits de franklinite et des dendrites de Wad : $1^m,50$ à 2^m.

H. Marnes argileuses comme F : 5^m à 6^m.

I. Quatrième niveau métallisé. Zinconise de couleur chocolat avec amas de galène auréolés de cérusite et par places d'assez grandes poches de cérusite : $0^m,50$.

J. Sables et grès quartzeux, rougeâtres, avec des layons blancs, formant le mur actuel de la mine. Hauteur visible : 3^m.

Cette venue métallifère me paraît d'origine très récente et doit, à mon avis, être synchronisée avec les dislocations qui ont amené l'effondrement de la fosse érythréenne vers le milieu du Pliocène. Les marnes et les calcaires métallisés appartiennent, sans conteste, au sommet du Néocrétacique (Dordonien et Danien) dont les formations fossilifères se rencontrent encore au sud de Kosseir et forment, en arrière des plages soulevées, le littoral de la mer Rouge depuis l'entrée du golfe de Suez.

Les masses gypseuses qui entourent Gebel Roussas nous montrent clairement la genèse de ce gisement. Nous avons affaire à une double substitution, incomplète pour le plomb et complète pour le zinc, produite par une venue sulfurée acide au contact du complexe marno-calcaire que je viens de décrire sommairement.

On constate d'ailleurs la présence, au sein des marnes zincifères, de nombreux filons de gypse fibreux qui viennent à l'appui de cette théorie, que confirme encore l'existence, au sein du troisième niveau métallisé, de nombreuses pseudomorphoses de calcite en smithsonite. Il apparaît donc que les eaux superficielles n'ont eu qu'un rôle très secondaire dans la genèse de ce gisement, rôle qui a dû se borner à la formation des hydrocarbonates.

Enfin, jusqu'à ce jour, on n'a pas signalé la présence de la blende dans le gîte de Gebel Roussas.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le résonateur buccal.* Note de MM. **Melchissédec** et **Frossard**, présentée par M. A. Dastre.

La voix chantée est formée par deux sortes de vibrations :

1° Des vibrations émises par le larynx;

2° Des vibrations harmoniques dues au résonateur et qui donnent le timbre et l'éclat.

Lorsque l'air sort du poumon et passe à travers la glotte pour former un son, il est animé d'une énergie cinétique $\left(\frac{1}{2}MV^2\right)$.

Cette énergie est utilisée à trois objets :

1° Une portion est dépensée pour la vibration du larynx;

2° Une partie est employée à la mise en vibration du résonateur buccal;

3° Une portion est perdue pour le chant; elle est employée à faire sortir l'air de la bouche.

Si l'on assimile ce mécanisme à celui d'une turbine, on dira que le fluide qui actionne la turbine doit sortir avec une vitesse minima après avoir travaillé, pour que le rendement soit maximum.

Comme la quantité d'air est constante, on peut écrire

$$\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}M(v + v' + v'').$$

On ne peut améliorer l'utilisation de cette énergie qu'en diminuant v'', quantité nuisible, et par conséquent en augmentant les deux autres.

Or, le terme en v' est sous notre contrôle. En effet, le résonateur buccal peut être assimilé à une timbale d'harmonie si l'on suppose que, pour chaque son émis, la caisse fixe de la timbale soit représentée par la portion squelettique du résonateur et la peau tendue sur la caisse par les plans musculaires vocaux. De même que de l'utilisation aussi complète que possible de la force vive du fluide potentiel dans la turbine dépend la vitesse à la sortie, de même, si nous utilisons l'énergie en v', nous diminuerons la vitesse v''.

Dans la timbale, on a deux moyens de l'améliorer :

1° En faisant varier le volume de la caisse fixe (pour la hauteur);

2° En tendant plus ou moins la membrane (pour la hauteur et le timbre).

Il en est de même pour la bouche. On peut améliorer le résonateur buccal de deux façons semblables :

1° En lui donnant une dimension en rapport avec la hauteur du son à émettre;

2° En tendant, c'est-à-dire en *contractant les muscles* formant les plans de la cavité bucco-laryngienne. En effet, si l'on remarque que le larynx monte d'autant plus que la note à donner est plus aiguë en réduisant la cavité laryngienne, il y a un moment où cela ne suffit plus et où il faut diminuer la cavité résonnante par d'autres moyens. On peut le faire en rapprochant les commissures des lèvres, tout en ouvrant la bouche. Pour des notes variables suivant les sujets, la bouche a son ouverture maxima, et cependant pour chanter il faut monter encore. C'est alors que, si l'on ne

modifie pas la tension des muscles vocaux, le résonateur n'est plus accordé, il ne fonctionne plus, et la vibration laryngienne subsiste seule en donnant ce qu'on appelle improprement : *la voix de tête.*

Si, donnant la *voix laryngienne*, on contracte suffisamment les muscles vocaux, on la transforme en voix de poitrine dès que le résonateur est accordé.

Il existe donc deux variétés de voix :

1° La *voix laryngienne* ou voix non renforcée, *non timbrée ;*

2° La *voix timbrée* qui ne dépend que des dimensions du résonateur et de la tension des muscles-parois de ce résonateur. La transformation de la voix timbrée en voix non timbrée forme ce qu'on appelle les *passages ;* ils sont variables avec chaque genre de voix (ténors, barytons, basses, sopranos, mezzosopranos, contraltos). Or, ils n'existent pas si l'on tend les muscles progressivement et proportionnellement à la hauteur du son.

Mais, si les plans du résonateur sont modifiés favorablement et si, appuyant la langue contre les dents inférieures, on donne un point d'appui fixe aux muscles releveurs du larynx et on lui permet ainsi de monter au maximum, l'utilisation de la force vive est meilleure et, par conséquent, la dépense moindre pour une même production de travail.

Donc la masse d'air nécessaire à ce travail doit diminuer; l'utilisation de l'air (capacité vitale) doit avoir lieu en un temps plus long; la durée de l'expiration doit augmenter; et la vitesse v'' doit tendre vers zéro.

L'expérience confirme cette théorie.

1° Des mesures faites sur de nombreux sujets, il résulte que lorsqu'on contracte, en chantant, les muscles vocaux convenablement, la durée de l'expiration croît *du simple au triple ;*

2° La vitesse de l'air expiré diminue *du simple au tiers.*

Nous avons mesuré cette vitesse de la façon suivante : un anémomètre Daloz où nous avons remplacé la sphère de métal par un cylindre de papier de soie très léger est placé à 5^{cm} par exemple de la bouche du chanteur. Le cylindre, suspendu à un fil, se déplace devant une règle graduée qui donne, immédiatement et par simple lecture, les tangentes des angles décrits. Un observateur placé devant l'appareil note les divisions découvertes par la projection du cylindre.

Dans ces conditions, si, en relâchant les muscles, on chante une note, on enregistre une déviation de $\tan g\alpha = 0,5$, par exemple. Si, donnant la même note avec une intensité égale, on contracte les muscles vocaux, on enregistre une nouvelle valeur de $\tan g\alpha$ variant entre 0,1 et 0,5.

Ces résultats sont essentiels pour l'art du chant.

En effet :

1° La durée de l'expiration augmentant, il n'y a plus de respiration intempestive au milieu d'une phrase. De tout temps, les instrumentistes exécutent sans arrêt ce que les chanteurs coupent en 3 ou 4 fragments;

2° Les passages sont supprimés et la voix de tête n'existe plus si la tension des parois du résonateur est suffisante;

3° Le son est timbré partout;

4° Dès que le résonateur est accordé, les pianos et les *forte* qui ne dépendent que du larynx se font avec la même facilité.

PHYSIOLOGIE. — *Isolement de l'antithrombine hépatique. Description de quelques-unes de ses propriétés.* Note de MM. **M. Doyon**, **A. Morel** et **A. Policard**, présentée par M. A. Dastre.

I. On sait que le sang normal ou peptoné, qui a circulé dans un foie isolé et lavé, présente des propriétés antithrombiques.

Les résultats sont les mêmes avec un foie lavé et durci préalablement à plusieurs reprises dans la neige carbonique (Doyon).

II. Nous sommes arrivés à extraire et à caractériser chimiquement l'antithrombine hépatique produite dans ces conditions.

La démonstration comporte les temps suivants :

Préparation du sang à antithrombine :

On lave à fond, au sérum physiologique, un foie de chien isolé; on le conserve soit quelques heures à la température du laboratoire, soit un jour dans la neige carbonique. Après dégel on fait circuler dans l'organe, une ou plusieurs fois, le sang carotidien d'un autre chien qui a reçu préalablement une injection de peptone. Ce sang entraîne l'antithrombine hépatique.

On l'en retirera de la manière suivante :

L'antithrombine est dans le plasma :

On sépare par centrifugation le plasma des globules rouges. Pour constater les propriétés antithrombiques du plasma, on y ajoute partie égale de sang artériel de chien normal; on constate qu'il n'y a pas de coagulation appréciable de celui-ci même après 24 heures.

L'antithrombine n'est pas détruite ou précipitée par chauffage du plasma à + 100° :

Le plasma tel quel, légèrement alcalin par conséquent, est chauffé à + 100° au bain-marie pendant 10 minutes. Le liquide, séparé du précipité par centrifugation, se montre fortement anticoagulant. Ces faits confirment les constatations antérieures de Delezenne sur le plasma de peptone hépatique.

Le précipité n'entraîne pas d'antithrombine, car après épuisement par un liquide alcalin ([1]), il ne confère pas à celui-ci les propriétés anticoagulantes.

L'antithrombine est précipitée à + 100° en milieu acide :

Le plasma, chauffé à 100° et débarrassé du précipité par centrifugation, est acidifié légèrement par l'acide acétique et chauffé 10 minutes à 100°. L'antithrombine est entraînée dans le nouveau précipité produit dans ces conditions. En effet, le liquide surnageant ramené à la légère alcalinité du plasma primitif, se montre inactif.

L'antithrombine ainsi précipitée peut être redissoute en milieu alcalin :

Le précipité, épuisé par l'eau alcaline ([1]), laisse passer dans celle-ci une substance qui lui vient des constituants des noyaux cellulaires.

L'antithrombine n'est pas altérée par le vide; séchée, elle résiste à + 105°.

III. Ajoutons que, si l'on fait circuler à travers le foie lavé (sans employer la peptone) une solution faiblement alcaline, on entraîne l'antithrombine. Toutefois, l'action de cette substance sur le sang est masquée par l'action de substances antagonistes (coagulines) entraînées parallèlement par la solution. Ces coagulines peuvent être éliminées soit par la chaleur, soit par le vieillissement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hémoglobine comme peroxydase*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **F. Rogoziński**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous ayant fait observer, en 1904, que les réactions colorées fournies par le sang en présence d'eau oxygénée ou d'essence vieille de térébenthine étaient dues à l'existence d'une peroxydase dans les globules ([2]), Moitessier crut devoir opposer à cette interprétation le fait, déjà constaté, que les solutions sanguines bouillies donnaient encore nettement les réactions colorées et il ajouta, à la suite d'expériences personnelles, qu'il fallait attribuer ces réactions à l'hémoglobine ou plutôt à l'héma-

---

([1]) Formule : eau, 1000; chlorure de sodium, 6g; carbonate de soude cristallisé, 8g à 10g.

([2]) Gabriel Bertrand, *Bull. Inst. Pasteur*, t. II, p. 398.

tine (¹) : ce à quoi il fut alors répondu que la résistance à la chaleur n'était pas une objection et que rien ne s'opposait à ce qu'on puisse considérer l'hémoglobine, ou l'hématine, comme une peroxydase (²).

Les expériences publiées dans la suite par Lesser, von Czyhlarz et von Fürth, Buckmaster, Batelli et Stern, etc., ont montré la part de vérité contenue dans cette interprétation qui fait de la matière colorante du sang une véritable diastase cristallisée. D'après ces expériences, l'oxyhémoglobine se comporte comme une peroxydase : en présence de l'eau oxygénée, elle bleuit la résine de guayac, oxyde l'aloïne, la leucobase du vert malachite, etc.; en présence du peroxyde d'éthyle, elle libère l'iode de l'iodure de potassium; mais elle est plus stable vis-à-vis de la chaleur et des réactifs que les peroxydases animales ou végétales. Tout récemment encore, Wolff et de Stoecklin ont observé que l'oxyhémoglobine cristallisée manifeste des propriétés peroxydasiques très nettes quand on la fait agir en solution additionnée de phosphate acide de sodium ou, surtout, de citrate disodique (³).

Comment expliquer cette intervention de la matière colorante du sang? On sait que l'hémoglobine fixe et perd alternativement l'oxygène avec une grande facilité et cela, pense-t-on généralement, à cause du fer qu'elle renferme. Est-ce par cet oxygène faiblement lié que l'hémoglobine intervient dans la réaction catalytique? Pour le savoir, nous avons profité de ce que l'hémoglobine peut, et d'une manière plus stable, fixer d'autres gaz que l'oxygène; nous avons préparé à l'état pur et cristallisé l'oxyhémoglobine, la carboxyhémoglobine et la cyanhydrohémoglobine, puis nous avons cherché si les deux dernières de ces combinaisons réagissent sur les réactifs en présence de l'eau oxygénée de la même façon que la première.

L'oxyhémoglobine a été extraite du sang oxalaté de cheval. Après deux lavages à l'eau salée physiologique, les globules ont été plasmolysés dans l'eau tiède à + 40°; la solution centrifugée a été placée dans la glace et additionnée du quart de son volume d'alcool. Les cristaux ont ensuite été purifiés par dissolution dans l'eau pure, refroidissement et addition d'alcool. On a effectué en tout quatre cristallisations.

La carboxyhémoglobine a été préparée en saturant d'oxyde de carbone une solution d'oxyhémoglobine cristallisée de premier jet, puis faisant cristalliser par le froid et l'alcool. Afin d'être plus sûr de la pureté, on a recristallisé la combinaison en la traitant encore une fois de la même manière.

(¹) *Comptes rendus Soc. de Biologie*, t. LVII, 1904, p. 373.
(²) Gabriel BERTRAND, *Bull. Inst. Pasteur*, t. III, 1905, p. 36.
(³) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 483.

Quant à la cyanhydrohémoglobine, on l'a obtenue en abandonnant plusieurs heures à l'étuve à $+40°$ une solution d'oxyhémoglobine cristallisée, additionnée d'un petit excès d'acide cyanhydrique, jusqu'à disparition complète du spectre de l'oxyhémoglobine, puis on a filtré et cristallisé dans la glace avec addition d'alcool. La combinaison a été aussi recristallisée, mais sans addition d'acide cyanhydrique.

Pour les expériences, on a agité chacune des combinaisons, préalablement séchées dans le vide, avec 1000 fois son poids d'eau; on a filtré, puis on a évaporé une partie des liquides pour connaître la proportion des substances dissoutes. On a ajouté ensuite assez d'eau pour obtenir des dilutions de titres connus.

Mélangeant alors $0^{cm^3},5$ de chacune des dilutions avec 1^{cm^3} de solution de gayacol à 2 pour 100 et 3 gouttes d'eau oxygénée à 1 pour 100 en volume, on a constaté que l'on pouvait encore obtenir la production de tétragayacoquinone, décelée par une coloration rose du liquide, même lorsque les dilutions employées étaient au $\frac{1}{10000}$. Avec la carboxyhémoglobine, transformable en oxyhémoglobine par le contact de l'oxygène libre, on a pris la précaution d'effectuer les expériences, non pas avec de l'eau pure, mais avec de l'eau saturée d'oxyde de carbone.

En adoptant, comme point de repère, la coloration obtenue après 5 minutes, on a trouvé que le pouvoir catalytique de chacune des combinaisons était exactement le même ([1]).

Le remplacement du gayacol par la résine de gayac a donné lieu à des observations identiques.

Enfin, bien que la stabilité de la cyanhydrohémoglobine ait été vérifiée par l'analyse:

		Pour 100.
Fe^2O^3 (par calcination)	0,494	0,499
Acide cyanhydrique ([2])	0,141	0,155

et par la pureté de son spectre d'absorption en solution aqueuse, nous avons cru nécessaire de répéter l'expérience en faisant agir la combinaison sanguine sur le gayacol et l'eau oxygénée, dans un petit appareil spécial relié à la trompe à mercure, en l'absence aussi complète que possible de l'oxygène libre. L'oxydation du gayacol a encore eu lieu à la dilution indiquée plus haut.

Si l'hémoglobine possède les réactions fondamentales des peroxydases,

---

(1) Le chauffage à l'ébullition ne diminue pas sensiblement ce pouvoir catalytique.

(2) En distillant un gramme de substance en poudre avec de l'acide sulfurique à 10 pour 100 dans un appareil de Schlœsing et titrant d'après Denigès avec une solution de nitrate d'argent centinormale.

ce n'est donc pas, comme il était permis de le supposer, à sa fonction respiratoire qu'elle les doit; ce ne peut être qu'à un mode d'action banale, mais encore indéterminé, du fer qu'elle renferme dans sa molécule.

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Autotomie et régénération du corps et des élytres chez les Polynoïdiens; conservation d'une disposition numérique complexe.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

Ces observations ont été faites au Croisic sur *Halosydna gelatinosa* et *Lagisca extenuata*.

L'autotomie du corps ou des élytres est facile à provoquer sur l'animal entier, mais elle n'a presque plus lieu sur l'animal privé de tête. Ce fait montre que le phénomène est bien autotomique et non dû à une simple fragilité: pour les élytres d'*H. gelatinosa*, il suffit de retenir par un élytre l'animal entier, ou réduit par section à sa partie antérieure, pour qu'il abandonne immédiatement cet élytre, tandis que sur la partie postérieure détachée il est souvent impossible de l'arracher intact; d'autre part, sur un animal fatigué par l'autotomie répétée d'un certain nombre d'élytres, cette autotomie devient plus difficile, pour reprendre après repos. De même pour le corps, la brisure est provoquée par une pression même modérée, et n'a pas lieu nécessairement au point pressé, mais plus en avant immédiatement devant un anneau à élytres; sur d'assez nombreux individus observés, je n'ai trouvé à cette règle aucune exception chez *H. gelatinosa*, trois seulement chez *L. extenuata*.

La régénération caudale a toujours lieu, comme chez la plupart des Annélides, et la régénération des élytres est particulièrement facile : de simples fragments vivent longtemps et régénèrent la queue, mais non la tête, et, même réduits à quelques anneaux et peu viables, s'empressent de reformer les élytres enlevés; le mauvais état d'un animal captif, après avoir provoqué la chute des élytres, n'empêche pas leur reconstitution, alors que les cirres ne repoussent que dans de bonnes conditions.

Très rapide est la restauration des élytres : l'extrémité du pédoncule, dont les bords se sont resserrés et plissés, déjà 1 jour (pendant l'été) après la chute, porte, surtout du côté postéro-externe, un rebord plat, alors qu'au centre la plaie s'est fermée; après 2 jours, le nouvel élytre a ordinairement la moitié, quelquefois plus, du diamètre d'un élytre normal, et, après 5 jours, il est complètement reconstitué. Pour le développement de la queue, repérons à partir de la section (approximativement et plutôt d'après la région postérieure) par l'état d'avancement (l'été) des élytres successifs :

le pygidium avec le début des cirres anaux s'étant montré 2 jours après, le premier élytre apparaît sous forme globuleuse après 3 à 4 jours, puis s'allonge en arrière, prend après 7 à 10 jours la forme d'un disque excentrique encore relativement épais, enfin à 2 semaines il a déjà le tiers ou la moitié d'un élytre normal; le 2^e élytre se distingue en moyenne au 6^e jour, le 3^e à une semaine, le 4^e à deux semaines, etc.

Ces régénérations de la queue ou des élytres peuvent se produire plusieurs fois de suite sur le même animal : par des recoupes j'ai pu obtenir trois régénérations successives de la queue, mais de plus en plus lentes et finalement limitées par les mauvaises conditions de la captivité.

Le nombre d'anneaux régénérés est très variable et sans rapport avec le nombre d'anneaux enlevés; même dans la nature, on trouve des animaux dont le régénérat reconnaissable, mais paraissant achevé, ne restaure qu'un corps anormalement court; d'ailleurs, on rencontre aussi des individus de petite taille générale qui, bien que leur accroissement semble terminé, au lieu du nombre habituel de 40 à 44 anneaux sétigères, n'en ont qu'une trentaine.

Par contre, au point de vue de la disposition des anneaux, la régénération, loin de présenter des caractères hypotypiques, reproduit toujours (sans aucune exception dans mes observations assez nombreuses) le type numérique normal avec ses particularités dans la répartition respective des anneaux à élytres et des anneaux à cirres : du 5^e au 23^e anneau sétigère, les élytres sont de 2 en 2, et sur les anneaux impairs, du 23^e au 32^e chez *L. extenuata*, au 38^e chez *H. gelatinosa*, ils sont de 3 en 3; chez *H. gelatinosa* seulement, les 38^e et 39^e, bien que voisins, ont tous deux des élytres, les derniers du corps; or, sur le régénérat aussi, le changement de rythme se fait toujours au point voulu, y compris le voisinage des deux derniers anneaux à élytres, que la section ait été faite dans la région antérieure, dans la région postérieure, entre ces deux anneaux, ou enfin dans la région extrême sans élytres. On ne peut même pas invoquer pour cette fidèle reconstitution une conséquence de l'autotomie ménageant un anneau à élytre en tête du régénérat : car, outre la différence de rythme suivant la région, dans les trois cas exceptionnels cités où, chez *L. extenuata*, la rupture ne s'était pas produite immédiatement devant un anneau à élytre, le premier anneau régénéré ne possédait pas non plus d'élytres, mais, ici encore, les anneaux régénérés étaient, dès le premier, ce qu'ils devaient être pour continuer, d'accord avec la partie du corps conservée, la disposition normale. Ainsi, d'une part, la réparation générale du tout, malgré la grandeur de son effet, n'est pas nécessaire; mais, d'autre part, dans la partie res-

taurée, la réalisation semble fatale de détails infimes, et même sans raison apparente, puisqu'on ne voit pas pourquoi, les conditions semblant rester identiques, les anneaux successifs diffèrent, ou pourquoi, tout au moins, la période de leurs variations ne reste pas la même; contradiction bien connue dans les mystères de la morphogénie et de l'hérédité, mais accentuée ici par la simplicité de la disposition et de la genèse métamériques.

CYTOLOGIE. — *Sur les cinèses somatiques chez* Endymion nutans. Note de MM. **J. Granier** et **L. Boule**, présentée par M. Guignard.

Les phénomènes de division présentent, chez *Endymion nutans*, quelques particularités remarquables qui font l'objet de notre étude. Nous avons retardé la publication détaillée de nos résultats en vue d'un travail d'ensemble, portant à la fois sur les cinèses somatiques et sur les cinèses sexuelles. Les points principaux en sont cependant déjà suffisamment fixés pour que nous puissions les signaler dès maintenant.

Les phénomènes que nous allons décrire dans cette Communication se rapportent aux cinèses de la racine. Le caractère le plus important de ces cinèses consiste dans la précocité de la division longitudinale des chromosomes.

Cette division s'ébauche dès la fin de la métaphase; elle s'accentue durant le mouvement anaphasique et persiste, très nette, pendant toute la durée du tassement polaire. Au sortir du tassement, les chromosomes deviennent très longs et très grêles; des anastomoses transversales unissent l'une à l'autre, de distance en distance, leurs deux branches jumelles, et celles-ci présentent à leur tour des adhérences plus ou moins nombreuses avec les branches jumelles de chromosomes voisins. Il en résulte un réseau très serré où l'on a peine, souvent, à reconnaître les individualités chromosomiques des stades antérieurs. Toutefois, la persistance du parallélisme entre les branches sœurs permet assez fréquemment de les identifier avec les moitiés longitudinales des chromosomes anaphasiques.

Le clivage longitudinal n'est donc pas, chez *Endymion nutans*, un phénomène prophasique, comme chez le *Trillium* (Grégoire et Wygaerts, 1903) et l'*Allium* (Grégoire, 1906).

Nous pouvons d'ailleurs, dès maintenant, affirmer que la précocité de la division longitudinale n'est pas spéciale à l'*Endymion*; nous l'avons observée, et au même stade que chez *Endymion nutans*, chez *Galtonia* et *Hyacinthus orientalis*.

Hof (1898) avait déjà signalé l'existence d'un clivage longitudinal anté-

rieur à la prophase; mais pour cet auteur le phénomène ne se produirait qu'à la télophase de la division précédente. Il se produit bien plus tôt chez *Endymion nutans*. Bonnevie dit avoir observé le même fait dans la racine d'*Allium*. Dans cet objet, le clivage longitudinal serait un phénomène anaphasique. A ce point de vue l'*Allium* se rapprocherait donc de l'*Endymion nutans;* chez ce dernier, toutefois, la division est encore plus précoce, puisqu'elle débute vers la fin de la métaphase.

A. Dehorne a signalé récemment le même phénomène chez les animaux, dans les cellules somatiques de *Sabellaria spinulosa* (¹). Dans cet objet, la division longitudinale serait plus précoce encore que chez *Endymion nutans*. Les deux branches dont nous constatons l'existence à la fin de la métaphase ne se constitueraient pas à ce stade chez *Sabellaria*. Chacun des chromosomes que nous voyons simples chez *Endymion*, à la prophase, et qui ne deviendront bipartites qu'à la fin de la métaphase de la même division, est déjà clivé longitudinalement chez *Sabellaria*, et ce clivage remonte jusqu'à la télophase de la division précédente, de sorte qu'à cette télophase chaque chromosome serait quadripartite.

Dehorne ayant émis l'idée (²) qu'il était infiniment probable que le même phénomène devait se présenter dans les espèces végétales, nous avons porté spécialement notre attention sur ce point. Chez *Endymion nutans* certains aspects pourraient peut-être s'interpréter dans le sens de Dehorne; mais ces aspects sont trop rares et trop peu nets pour qu'il nous ait été possible de nous faire une conviction à ce sujet.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur le rôle éliminateur des leucocytes.* Note de MM. L. **Spillmann** et L. **Bruntz**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 3 janvier 1911) nous avons montré que certains leucocytes se comportent vis-à-vis des liquides colorés comme ils le font vis-à-vis d'un grand nombre de substances dissoutes : ils les fixent. Aujourd'hui, nous nous proposons d'étudier le mécanisme de la fixation des couleurs par les globules blancs et aussi la destinée de ces éléments.

Chez l'Homme et chez les animaux sur lesquels nous avons expérimenté (Escargot, Limace, Écrevisse, Grillon, Araignée, Grenouille, Lapin), les

(¹) *Comptes rendus* des 9 et 30 mai, 13 juin, 8 août 1910; et *Zoologischer Anzeiger*, 20 septembre 1910.

(²) *Comptes rendus* du 28 novembre 1910.

leucocytes ayant fixé les colorants utilisés (carmin ammoniacal et bleu de méthylène), montrent un corps cellulaire uniformément coloré; les noyaux demeurent invisibles ou se présentent sous l'aspect d'une tache claire. Jamais le réactif ne se localise, soit dans des vacuoles, soit sur des boules ou des grains de sécrétion (1). Le réactif s'attache au corps cellulaire comme il se présente, c'est-à-dire que le colorant ne se concentre pas sur le cytoplasme en le teignant d'autant plus que le contact se prolonge davantage; les globules sont alors seulement d'autant plus colorés que la concentration de la solution est plus grande.

Le réactif est fixé mécaniquement par les globules et n'est retenu que faiblement, comme on peut s'en assurer en plongeant brusquement dans un fixateur les globules colorés vivants. Les globules meurent alors instantanément, et le colorant, qui imprégnait uniformément le cytoplasme, le quitte pour aller se concentrer sur les noyaux et les teindre énergiquement. La fixation des colorants par les leucocytes est très rapide, surtout chez les Vertébrés, où elle semble même être presque instantanée.

La destinée des globules ayant fixé les réactifs colorés peut être suivie par des numérations de ces éléments et, grâce à la coloration qu'ils présentent, il est possible de les retrouver dans les endroits du corps où ils se rendent.

Aussitôt après une injection de carmin ammoniacal, par exemple, on constate que le nombre des globules blancs circulant dans le sang périphérique diminue rapidement et progressivement pendant un certain temps. C'est le *premier stade d'hypoleucocytose;* après avoir atteint un nombre minimum, le chiffre de globules augmente insensiblement et dépasse ensuite le nombre primitif, c'est le *second stade d'hyperleucocytose.*

Pendant le stade d'hypoleucocytose, les globules chargés de matières colorantes se rendent, chez l'Écrevisse, dans les branchies où ils s'accumulent dans les interstices laissés par les néphrocytes. Chez la Grenouille et le Lapin, ils se rassemblent surtout dans le foie, dans la rate, les poumons

---

(1) Chez les Oligochètes (Cuénot, 1898), les amibocytes à granulations, et chez les Echinodermes (Cuénot, 1901), tous les amibocytes excrètent les liquides des injections physiologiques. Cette excrétion est un phénomène glandulaire relativement lent. Le colorant se retrouve sur les boules du cytoplasme et le carmin ammoniacal, par exemple, ne quitte pas les boules au moment de la fixation de ces éléments. Les amibocytes dont nous parlons sont donc absolument comparables aux néphrocytes fixes bien connus chez la plupart des Invertébrés.

et les reins, c'est-à-dire dans des organes d'excrétion ouverts ou renfermant des éléments fonctionnant comme néphrophagocytes (Spillmann et Bruntz, 1909).

Il est probable que les leucocytes abandonnent les produits fixés aux reins ouverts et clos, car ceux-ci se chargent, à leur tour, des réactifs colorés qu'ils excrètent par un mécanisme glandulaire ([1]). Les globules peuvent alors rentrer dans la circulation générale accompagnés d'éléments néoformés dont le rôle, au fur et à mesure de leur apparition, est d'achever l'élimination des produits injectés. C'est à ce moment qu'on constate une hyperleucocytose plus ou moins manifeste et plus ou moins durable.

En résumé, les phénomènes d'élimination des substances liquides étrangères à l'organisme s'effectuent en plusieurs phases :

1° Les liquides sont fixés mécaniquement par certaines formes de leucocytes (*Phase de fixation*) ;

2° Les globules blancs transportent les substances fixées à des organes d'excrétion clos ou ouverts (*Phase de transport*) ;

3° Les organes d'excrétion clos ou ouverts s'emparent, par un processus glandulaire, des produits fixés par les leucocytes (*Phases d'excrétion*).

ZOOLOGIE. — *Sur les Crevettes Eucyphotes recueillies en* 1910 *au moyen du filet Bourée, par la* Princesse-Alice. Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Eucyphotes recueillis par la *Princesse-Alice* en 1910 proviennent de 18 stations échelonnées entre les parallèles 36 et 45, de part et d'autre du 11e degré W; au large, par suite, des côtes d'Espagne et du Portugal.

Les seuls matériaux recueillis par le chalut consistent en un spécimen du *Pasiphœa tarda* Kr., un *Glyphocrangon* ayant rejeté son estomac au dehors, et quelques spécimens d'*Acanthephyra purpurea* A. M.-Edw.

La presque totalité provient des 12 stations où il a été fait usage du filet Bourée, que sa maille de 1^{cm} permet de tirer à la vitesse relativement élevée de $2^{m},50$ par seconde. Les résultats sont très nets, comme on peut le voir par la liste des espèces et l'importance numérique de chacune d'elles :

([1]) En ce qui concerne la phagocytose, Wérigo (1892) a constaté que les leucocytes ayant capturé des substances inertes (grains de carmin) les transportent dans le foie et la rate et les cèdent aux cellules endothéliales, *grâce aux mouvements moléculaires de leur protoplasma.*

	Campagne de 1910.	Total des campagnes précédentes.
Parapasiphæa Grimaldii, n. sp.	2	
Parapasiphæa sulcatifrons Smith	7	2
Pasiphæa sivado Risso	50 env.	10
Pasiphæa princeps Smith	2	
Pasiphæa tarda Kröyw	3	
Notostomus elegans A. M.-E.	1	
Systellaspis debilis A. M.-E.	200 env.	20 env.
Systellaspis echinurus, n. sp.	1	
Acanthephyra purpurea A. M.-E.	100 env.	60 env.
Acanthephyra parvirostris Bate (nec Smith)	1	
Acanthephyra longidens Bate	1	
Acanthephyra duplex Bate	4	1
Ephyrina Hoskynii W. Mason	1	1
Ephyrina Benedicti Smith	2	2
Hymenodora mollis Bate	20	4

Il y a absence totale de *Pandalus*, d'*Heterocarpus*, de *Nematocarcinus* et de Crangonidés abyssaux. Si l'on remarque, d'autre part, que la rareté des *Systellaspis* et des *Acanthephyra* a commencé d'être un peu moindre seulement avec l'usage du filet à grande ouverture, on en vient à la conclusion que ces dernières Crevettes sont vraisemblablement bathypélagiques, et qu'elles ont pu être capturées en aussi grand nombre parce que leur vitesse de déplacement a été suffisamment approchée par celle du filet. Une autre remarque confirme la précédente : c'est que les formes larvaires ou jeunes de ces espèces font totalement défaut; le filet en vitesse n'a retenu que les adultes pendant sa longue course ascendante (il a été descendu jusqu'à 5000^{m}).

Un certain nombre de ces espèces (*Parapasiphæa* spp., *Ac. duplex*, *Hymenodora mollis*) possèdent dans leurs tissus, surtout dans le volumineux ovaire des femelles, un lipochrome orangé, insoluble dans l'alcool, se rassemblant parfois en quantité notable à la surface du liquide de conservation. Il semble que la légèreté spécifique ainsi acquise supplée à la faiblesse des moyens de locomotion chez ces espèces à carapace molle et papyracée.

Des deux espèces nouvelles recueillies, l'une, *Parapasiphæa Grimaldii*, reproduit, sauf des différences très légères, l'espèce de l'océan Indien, *P. latirostris* Alcock. Mais elle ne possède pas de palpe mandibulaire, annulant ainsi la valeur d'un caractère considéré comme fondamental entre les genres *Pasiphæa* et *Parapasiphæa*. La ressemblance entre les faunes abyssales atlantique et indienne a été notée pour les Pénéides par M. le professeur Bouvier; j'ajouterai que l'*Heterocarpus lævigatus* Alcock est repré-

senté dans l'Atlantique par une forme si voisine que je l'ai distinguée seulement comme var. *occidentalis*.

La seconde espèce, *Systellaspis echinurus*, bien que très éloignée du facies des espèces *S. debilis* et *lanceocaudata*, montre bien quels sont les caractères distinctifs essentiels de ce genre : telson terminé en longue pointe médiane, bord du premier pléosomite présentant une saillie anguleuse, pattes thoraciques avec un épipodite sur la quatrième paire, sans lacinie sur le pleuropodite, dactyles très longs avec pointe articulée (stylopodite), forme spéciale (que j'ai antérieurement décrite) des appendices buccaux. L'espèce paraît dépourvue d'organes lumineux, et son rostre est court.

Enfin j'ai rencontré, sur un des spécimens du *P. Grimaldii* et sur plusieurs de l'*A. purpurea*, des parasites que j'avais vus déjà sur l'*A. pulchra* A. M.-E. et qui semblent très analogues à l'*Ellobiopsis Chattoni* n. gén., n. sp., récemment rencontré par Caullery sur les pièces buccales et les antennes du *Calanus helgolandicus* Claus. Ces parasites se rencontrent surtout sur le bord libre des pièces buccales, en particulier sur le premier maxillipède, où ils alternent avec les épines de l'article distal. Ils ne paraissent pas posséder de cloison transverse, leur enveloppe est épaisse et, au moins sur les exemplaires adultes, chacun des innombrables grains chromatiques est accompagné d'un autre très petit grain, comme s'il s'agissait du noyau et du blépharoplaste de futures flagellispores, ainsi que le suggère Caullery. Ils sont fixés par un simple élargissement de leur extrémité distale, sans tige pénétrant l'appendice de l'hôte.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la biologie et la viviparité pœcilogonique de la Mouche des bestiaux* (Musca corvina *Fab.*) *en Afrique tropicale.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On doit à Portchinsky ([1]) la découverte de variations pœcilogoniques intéressantes chez la Mouche des bestiaux, *Musca corvina* Fab., en Europe. Dans le nord de la Russie cette espèce est constamment ovipare et pond régulièrement 24 œufs, alors qu'en Crimée et dans le sud de la Russie elle donne naissance, à la fin du printemps et en été, à une grosse larve qui accomplit directement à l'intérieur du corps de la mère une grande partie de son évolution, jusqu'au troisième stade de la vie larvaire. Ces variations pœcilogoniques saisonnières et climatériques démontrent que, pour cette espèce, le déterminisme de la viviparité réside bien dans la température. J'ai

([1]) Analysé par Osten Sacken: *Berl. Entom. Zeitsch.*, t. XXXI, 1, 1887.

recherché au Dahomey quelles sont les conditions de vie et de reproduction de la même Mouche dans un pays où la moyenne thermique est constamment élevée.

Comme en Europe la Mouche vit à l'air libre, dans la brousse, aux dépens des bestiaux dont elle suce la sueur et les sérosités émanant des plaies et des piqûres. Elle est très avide de sang mais n'étant point pourvue de trompe propre à perforer la peau, elle profite indirectement de celle des espèces vulnérantes, en humant le sang qui vient sourdre aux endroits piqués. Jamais l'insecte ne pénètre à l'intérieur des habitations.

Pour pondre, les femelles recherchent exclusivement les excréments frais des Bovidés, déposés dans les endroits où l'ardeur du soleil peut se faire sentir, en plein air. On les voit alors expulser de leur abdomen une petite larve de 5^{mm} de long, qui s'enfonce immédiatement dans la bouse, et s'envoler. Lorsque la surface de la bouse est légèrement desséchée et durcie, la ponte s'arrête.

La Mouche des bestiaux, en Afrique tropicale, est donc aussi vivipare. Elle l'est d'autre part *toute l'année*. Exceptionnellement, c'est un œuf volumineux, contenant une larve prête à éclore, qui est déposé par expulsion précoce, jamais plusieurs. Il y avait lieu de rechercher, ce que n'a pas fait Portchinsky, quelles sont les conditions anatomiques qui permettent un tel mode de ponte.

L'appareil femelle est construit suivant un type voisin de celui du Mélophage.

Les ovaires se réduisent chacun à une simple paire d'ovarioles pauciloculaires réunis sous un revêtement péritonéal commun, et qui fonctionnent successivement par double alternance. La capacité totale de ponte ne paraît être que de 12 à 16 œufs, qui ne parviennent à maturité que l'un après l'autre, par le même mécanisme que celui que Pratt [1] a décrit chez le Mélophage. A l'encontre de ce qu'on pouvait penser, les glandes annexes, tubulaires et simples, ne sont pas sensiblement plus développées que chez les Mouches ovipares. Leur sécrétion ne peut donc contribuer beaucoup à la nutrition de la larve. Celle-ci se développe dans un utérus dilaté comme chez les Diptères pupipares. L'œuf mûr, de $2^{mm},8$ à 3^{mm} de long, descend dans l'utérus pour y éclore, et la larve s'accroît sur place enveloppée par les débris du chorion : elle paraît tirer les éléments de sa croissance principalement de ses propres réserves embryonnaires. A la différence de ce qui se passe chez la forme pœcilogonique d'Europe, la larve est expulsée d'une façon précoce, *à son premier stade :* elle ne subit aucune mue dans l'utérus.

Aussitôt pondue, elle devient coprophage se nourrit très activement, et en 2 jours a terminé sa croissance. Le troisième jour elle cesse de s'alimenter et quitte l'excrément pour se pupifier dans le sol. L'éclosion aura lieu une semaine plus tard.

---

(1) *Zeit. f. Wiss. Zool.*, t. V, 1899, p. 66.

Une femelle peut donner ainsi naissance à une larve tous les 4 jours. La durée de la gestation larvaire proprement dite n'est guère que de 2 jours. Ce qui caractérise, en somme, tout ce développement, c'est sa rapidité même. Il semble que la température accélère ici et abrège les phénomènes qui se passent en Europe pendant la saison chaude.

Or, les expériences montrent que la *Corvina* tropicale est par excellence une Mouche *adaptée aux plus hautes températures biologiques.*

J'ai constaté que l'optimum thermique pour la vie larvaire est voisin de 40° C. Les larves résistent normalement dans leur bouse aux températures maintenues sub-continues à l'étuve de 45°, 50°, voire même 55° C. Elles paraissent même tolérer l'excessive température de 57° C. et ne sont tuées qu'au bout d'une heure à 58° et 60° C.

On pouvait se demander si des femelles, maintenues constamment à une température relativement fraîche, ne tendraient point vers l'*oviparité* comme en Europe.

J'ai maintenu des pupes, et les femelles qui en sont issues, à une moyenne constante de 22°-23° C. au laboratoire. Or, dans ces conditions, quoique abondamment nourries au sucre et au sang, ces femelles n'ont point développé leurs œufs et sont restées *stériles*, en conservant la disposition anatomique fondamentale de la viviparité. Il a fallu *un mois* pour obtenir, avec des maxima de 28° C., un état de maturité d'*un* des ovules, tandis qu'au bout de 9 jours une femelle exposée le jour à des maxima de 35° C. a mûri complètement *deux* ovules.

On voit donc que la viviparité de la *Corvina* tropicale est *une viviparité fixe, qui exige pour se manifester normalement une moyenne minima voisine de* 30° C. Au-dessous de cette température, la reproduction de la Mouche africaine n'est plus possible.

On saisit par l'ensemble de ces données, si on les compare aux observations des auteurs sur la *Corvina* d'Europe, des différences remarquables dans la biologie du même Insecte. La forme africaine tropicale de la Mouche des bestiaux représente une véritable *race géographique*, distincte de l'espèce type d'Europe, quoique morphologiquement semblable à celle-ci, par des besoins thermiques beaucoup plus élevés et une fixité définitive dans un mode de reproduction vivipare typique.

GÉOLOGIE. — *La région volcanique du Forez et ses roches.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. A. Lacroix.

Les monts du Forez et le bassin de Montbrison ont été jadis le siège d'une activité volcanique assez considérable sur laquelle plusieurs géologues

(Gruner, Le Verrier) ont déjà attiré l'attention. Mais on n'a signalé jusqu'ici que de simples « pointements de basalte », se faisant jour actuellement soit dans la région granitique et archéenne, soit dans la région oligocène. Aucune recherche n'avait été entreprise sur la nature et les conditions de sortie des laves, sur la constitution des anciens appareils éruptifs et sur leurs coulées, ainsi que sur l'âge, la genèse et les causes de démantèlement de ces anciens volcans.

Cette Note fournira une solution, au moins partielle, à ces diverses questions.

Les affleurements de roches volcaniques, au nombre de plus de 80, sont principalement abondants au nord et à l'ouest de Montbrison. Ils constituent en général des collines de forme conique ou ellipsoïde, quelquefois tabulaires, dominant toujours la région environnante. Elles rappellent certaines collines de la Limagne, surtout celles de la Comté et du Livradois, et sont couronnées souvent, comme ces dernières, par des ruines d'églises ou de châteaux féodaux.

Elles semblent, de prime abord, disséminées sans ordre, et s'échelonnent à des altitudes variées depuis les parties les plus basses de la plaine (altitude 345^m) jusque sous l'arête maîtresse de la chaîne forézienne (alt. 1450^m).

On ne connaissait jusqu'alors aucun reste de cône éruptif, ni de coulée, aussi Le Verrier et Gruner pensaient-ils que ces collines représentaient des « pointements basaltiques qui n'étaient arrivés au jour que par érosion ».

J'ai constaté, en maints endroits, l'existence de restes notables de *cônes éruptifs* et de *coulées*, ce qui permet d'affirmer que les monts et la plaine du Forez ont possédé jadis de véritables volcans, caractérisés par des cratères et des coulées.

Voici les points les plus typiques que j'ai observés:

A Champs, près Roche, à Fontfroide, près Sauvain, ces cônes sont représentés par des projections stratifiées, mélangées à des roches du soubassement arrachées par les explosions.

Le mont Semiouse (ou Semiol), la colline de Chaudabrit, la Roche Gourgon, constituent des *culots cratériques* manifestes. La colline de Curcieux est la plus typique. Elle comprend une véritable *coupe de lave* de plus de 35^m de haut, au milieu de laquelle est logée une *brèche* à éléments volcaniques, gneissiques et oligocènes, rappelant par son aspect et son origine les brèches des célèbres collines du Saut de la Pucelle dans le massif du mont Dore et des Rochers Corneille et Saint-Michel-du-Puy.

On observe des restes de coulées à Champs, à Curcieux, à Chevalière. La coulée du mont Semiouse (la seule signalée), qui est très épaisse, surplombe la vallée du Vézezy; celles de Dissangue, de Sauvain, de Grondris, dominent la vallée du Lignon.

La seconde a près de 2^{km} de long et 25^m d'épaisseur; la troisième ne mesure pas moins de 60^m de haut.

Elles se sont épanchées jadis dans la vallée du Lignon, car elles reposent sur des alluvions de cette rivière.

Les laves des volcans du Forez sont très variées. Ce sont, en général, des roches basiques, à aspect basaltoïde. Elles sont riches en métasilicates, principalement en *augite*, qui se présente souvent en cristaux, zonés, en sablier, passant au titanaugite. Parfois l'augite en phénocristaux et en microlites forme plus des deux tiers de la roche, qui renferme, en outre, assez abondamment, de l'olivine et de la magnétite. L'ilménite et la biotite sont rares. Les feldspaths n'existent que sous forme de microlites et sont généralement peu abondants ou manquent. Ils oscillent entre l'andésine et l'anorthite. La néphéline existe dans plusieurs laves. Les essais chimiques ont relevé, dans ces dernières, une notable proportion de soude.

Les laves comprennent la série suivante :

1° *Andésilabradorites augitiques* (Montagut);

2° *Labradorites augitiques* (Sagnes, près Marcilly);

3° *Basaltes feldspathiques* (Bussanges, mont Semiouse);

4° *Basaltes normaux* (Marcilly-le-Pavé, Chatelneuf, Éculieux);

5° *Basaltes limburgitiques*, type le plus fréquent (Roc de l'Orme, Quel, Jasserie-du-Renat, Dissangue, Curcieux, Grande Basanne, Grand Genevrier, Job);

6° *Limburgites* (Mont Claret, Signal-de-Boën, Puy-Grillot, Saint-Romain-le-Puy);

7° *Téphrites à olivine* (Gouttelas, Sauvain, monts d'Uzore);

8° *Basaltes à grands microlites feldspathiques* (un seul temps) ayant des rapports, d'une part, avec les *dolérites* du type de celle du Plateau du Broc (Limagne) et, d'autre part, par leur *structure ophitique* et *microlitique*, avec les basaltes demi-deuil du mont Dore (Saint-Georges-en-Couzan, Mourières).

Certaines laves sont riches en *zéolites*.

On pensait que le versant oriental du Forez présentait seul des collines volcaniques. En réalité, les *deux versants ont été volcaniques*, mais à des degrés divers, car le versant occidental ne possède qu'une dizaine d'affleurements basaltiques. Il faut noter toutefois que les éruptions se sont propagées plus au Nord, sur ce versant, jusqu'aux environs de Vichy et de Cusset. Les célèbres sources de Vichy semblent avoir pris naissance à la suite de ces éruptions. J'ai observé des sources minérales et des dégagements abondants d'acide carbonique dans la région montagneuse jusqu'à 1000^m d'altitude (Chorsin, Saint-Just).

Quelle que soit leur position géographique, les dykes et les cônes éruptifs sont alignés, en général (Le Verrier) le long de diaclases anciennes NO, réouvertes au Tertiaire. Quelques collines des bords de la plaine du bassin de Montbrison sont situées sur des fractures tertiaires NS. Les monts d'Uzore offrent les deux groupes de fractures superposées remplies par des dykes de téphrite.

Il est difficile de fixer l'âge des éruptions d'une façon précise. Les coulées de Sauvain, de Grandris, Dissangue reposent sur des alluvions du Lignon, dominant de 200^m la vallée actuelle. Celles du mont Semiol ont une situation analogue par rapport à la vallée du Vizezy.

Le démantèlement si considérable de ces volcans, leur rabotement dans la péné-

plaine des hauteurs, permettent de penser qu'ils ont été détruits en grande partie par l'érosion torrentielle, mais surtout par les glaciers. Ils sont donc au moins antérieurs au Pliocène supérieur. Leur édification remonte peut-être au Miocène, comme celle de la plupart des volcans de la Limagne.

L'activité volcanique dans la région forézienne semble bien en relation avec les tassements qui se produisent au pied de la chaîne montagneuse, au Miocène et au Pliocène. Il est manifeste que l'ampleur des phénomènes volcaniques est précisément beaucoup plus grande sur le versant oriental que sur le versant occidental, par le fait que les territoires effondrés sont plus étendus à l'Est (grand bassin de Montbrison) qu'à l'Ouest (petit bassin d'Ambert).

En résumé, le Forez (monts du Forez, plaine du Forez ou de Montbrison) forme une région dans laquelle l'activité volcanique a édifié, au Miocène ou au Pliocène ancien, plus de 80 volcans ayant donné des laves variées, offrant de nombreux rapports avec celles de la Limagne et parfois avec celles du mont Dore et du Velay. Les restes de ces volcans donnent une faible idée de leur importance primitive, car ils ont été profondément démantelés.

M. **Charles Sibillot** adresse une Note sur la *Rigidification des dirigeables*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique, par l'organe de son doyen, M. *Lippmann*, présente la liste suivante de candidats à la place vacante, dans la Section de Physique, par le décès de M. *Gernez* :

En première ligne. . . . . Mme **Curie**

En seconde ligne, par ordre alphabétique. . . . . . . MM. **D. Berthelot**, **Branly**, **A. Broca**, **A. Cotton**, **Pérot**.

Sur la proposition de plusieurs membres, l'Académie décide d'adjoindre à cette liste le nom de M. **Marcel Brillouin**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 7 heures et quart.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 3 janvier 1911.)

Note de M. *Bertin*, Lois générales du mouvement accéléré ou retardé du navire consécutif à un changement de puissance du moteur :

Page 21, équation (13), *lire :*

$$x = 47,2\,P^{\frac{1}{3}} \log \frac{V_1^3 - V_0^3}{V_1^3 - v^3}. \tag{13}$$

Page 21, ligne 3 en remontant, *au lieu de* D'après, *lire* Dans.
Page 22, équation (16), l'exposant de P est $\frac{1}{3}$ *au lieu de* $\frac{1}{8}$.
Page 22, équation (17), *au lieu de* V'_1, *lire* V_1.
Page 22, équation (19), *lire :*

$$e^{-0,0488\,P^{-\frac{1}{3}}x} = \frac{V_1^3 - \left(\dfrac{dx}{dt}\right)^3}{V_1^3 - V_0^3}. \tag{19}$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JANVIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NAVIGATION. — *Complément aux « Lois générales du mouvement accéléré ou retardé des navires ».* Note de M. **L.-E. Bertin**.

Dans ma Note du 3 janvier dernier, j'indique que la relation directe entre l'espace parcouru x et le temps t ne peut pas être obtenue par l'intégration d'une certaine équation

$$e^{-0,0488\,P^{\frac{1}{3}}x} = \frac{V_1^3 - \left(\frac{dx}{dt}\right)^3}{V_1^3 - V_0^3}. \tag{19}$$

Or cette équation, qui peut s'écrire

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^3 = V_1^3 - (V_1^3 - V_0^3)\,e^{-0,0488\,P^{\frac{1}{3}}x},$$

ou, en remplaçant $-0,0488\,P^{\frac{1}{3}}$ par K,

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^3 = V_1^3 - (V_1^3 - V_0^3)\,e^{kx},$$

est de même forme que l'équation (28). Elle peut se transformer de la même manière que cette dernière, la méthode étant d'ailleurs générale et s'appliquant à l'équation

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^n = A + B\,e^{Ax}.$$

Dans le cas actuel, nous avons à introduire une variable auxiliaire y, telle que

$$V_1^3 - (V_1^3 - V_0^3)\,e^{kx} = y^3.$$

En différentiant et éliminant x, nous obtenons

$$k(y^3 - V_1^3)y = 3y^2\frac{dy}{dt},$$
$$\frac{k}{3}dt = \frac{y^2\,dy}{y^3 - V_1^3}.$$

Les trois racines de l'équation

$$y^3 - V_1^3 = 0$$

étant connues, l'intégration peut se faire; elle donne, en remplaçant k par sa valeur,

$$(19')\quad t = 61{,}5\,P^{-\frac{2}{3}}\Big[-\frac{1}{V_1}\log\text{nép}(y - V_1) + \frac{1}{2V_1^3}\log\text{nép}(y^2 + y + 1) - \frac{1}{\sqrt{3}\,V_1^3}\operatorname{arc\,tang}\frac{2}{\sqrt{3}}\Big(y + \frac{1}{2}\Big)\Big].$$

Cette formule, après substitution pour y de sa valeur en fonction de x, se prêterait difficilement à des applications numériques. C'est là seulement ce qu'il convient de dire de l'équation (19).

Dans la même Note du 3 janvier, l'équation (14) contient une faute d'impression sur le signe $-$, qui doit être remplacé par $+$. Les calculs numériques qui suivent ont été faits avec la formule exacte.

Dans ma Note du 19 septembre 1910 sur le même sujet, j'ai cité une ancienne expérience de stoppage faite sur la *Flandre*, et j'ai indiqué à tort qu'il en était parlé dans mon Mémoire sur la résistance des carènes dans le roulis, inséré aux *Savants étrangers*. Je n'ai donné le résultat de cette expérience que dans des Notes publiées à la même époque par la *Revue maritime* et réunies dans *Les vagues et le roulis*, *les qualités nautiques*, p. 99 (librairie Berger-Levrault).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les nitrates dans l'atmosphère des régions australes.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

A l'époque du départ de la Mission du Dr J. Charcot aux régions antarctiques, divers savants furent chargés d'établir le programme des recherches scientifiques qu'elle pourrait effectuer au cours de son voyage.

Dans le programme tracé par M. Müntz figurait l'étude des eaux météoriques au point de vue de leur teneur en composés oxygénés de l'azote.

Cette étude avait un double but :

Il s'agissait d'abord de déterminer les quantités de nitrates et de nitrites dans ces eaux pour les comparer à celles qu'on trouve dans les eaux météoriques tombées dans les autres régions du globe.

Ensuite M. Müntz avait l'espoir de saisir des variations dans la teneur en composés nitrés aux moments où se produisaient les aurores polaires, une corrélation pouvant peut-être exister entre ces deux manifestations et jeter quelque jour sur l'origine si mystérieuse des lueurs qui interrompent la monotonie des longues nuits aux hautes latitudes.

On attribue la formation des composés nitrés de l'atmosphère aux décharges électriques qui sillonnent celle-ci, et cette hypothèse trouve sa confirmation dans le fait d'une richesse beaucoup plus grande en nitrates dans les pluies des régions intertropicales, où les orages sont si fréquents et si violents ([1]), dans le fait aussi de l'absence presque complète de ces composés à de grandes altitudes, dans une zone placée au-dessus de celle dans laquelle se produisent ordinairement les orages ([2]).

Il s'agissait donc, dans l'étude que nous projetions, de faire au voisinage du pôle Sud, non de constater simplement un fait, mais de relier entre elles des données générales intéressant la Physique du globe et de jeter quelque lumière sur des phénomènes spéciaux aux régions polaires.

M. R.-E. Godfroy, enseigne de vaisseau attaché à la Mission Charcot, a bien voulu se charger d'exécuter sur les lieux les observations et d'effectuer les prises d'échantillons et leur préparation. Nous le remercions du zèle et du soin qu'il a apportés à ces recherches, d'une exécution difficile et pénible dans les conditions où il devait opérer. Avant son départ, M. Godfroy s'était initié, au laboratoire de l'Institut agronomique, au mode opératoire applicable aux déterminations que nous avions en vue.

Des études antérieures, faites à l'occasion des missions du cap Horn, de celles du passage de Vénus sur le Soleil, ainsi que de la création de stations expérimentales dans les pays tropicaux ou au sommet des hautes montagnes, nous avaient fait adopter pour ce genre de recherches des modes opératoires particuliers, qui permettaient de recueillir les échantillons sur les lieux et de les préparer de manière à en éviter toute modification, pour les rapporter ensuite au laboratoire, où les déterminations se faisaient avec une précision impossible à obtenir dans un campement.

---

(1) Müntz et Marcano, *Comptes rendus*, t. 108, p. 1062.
(2) Müntz et Aubin, *Comptes rendus*, t. 95, p. 919.

Voici l'énumération des échantillons prélevés par M. Godfroy, avec le dosage correspondant des composés nitrés ([1]) :

Date.	Échantillon.	Localité.	Lat. S.	Long. W.	Acide nitrique par litre.
			° ′ ″	° ′ ″	mg
28 janvier 1909...	Neige	Sous l'île Jenny	67.43.00	70.46.00	0,2
20 mars » ...	Pluie	Port-Circoncision	65.11.00	66.35.00	0,4
24 mars » ...	Pluie	»	65.11.00	66.35.00	0,2
31 mai » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,3
17 août » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,4
24 août » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,4
5 sept. » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,2
21 sept. » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,2
5 oct. » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,4
25 oct. » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,1
4 nov. » ...	Neige	»	65.11.00	66.35.00	0,1
2 déc. » ...	Neige	Port Foster (île Déception)	63.00.00	62.53.00	0,2
5 janvier 1910...	Pluie	Pendulum-Cove (île Déception)	62.55.32	62.55.22	0,2
11 janvier » ...	Neige	En mer	69.13.00	78.42.00	0,1
3 février » ...	Pluie	Baie Tuesday (extrême ouest du détroit de Magellan)	52.51.00	79.07.00	0,1

Nous avons éliminé une prise faite à bord et manifestement souillée par les gaz du foyer, pour ne conserver que celles prélevées dans des conditions irréprochables.

Si nous examinons ces résultats dans leur ensemble, nous constatons qu'ils ne sont pas sensiblement différents de ceux qu'on obtient dans les régions tempérées. La moyenne des résultats qu'ont donnés les prises rapportées par M. Godfroy conduit au chiffre de $0^{mg},225$ pour les pluies et $0^{mg},233$ pour les neiges, soit $0^{mg},23$ par litre pour l'ensemble des eaux météoriques, avec un minimum de $0^{mg},1$ et un maximum de $0^{mg},4$.

Les chiffres trouvés par Boussingault ([2]) en Alsace ont été en moyenne de :

$0^{mg},184$ d'acide nitrique par litre d'eau de pluie ;

$0^{mg},43$ d'acide nitrique par litre d'eau de neige ;

$1^{mg},03$ d'acide nitrique par litre d'eau de brouillard.

([1]) Comme l'avaient fait nos prédécesseurs, nous avons exprimé les composés azotés en acide azotique anhydre et nous avons réuni les nitrites aux nitrates.

([2]) *Agron. ch. agr. physiol.*, t. II, p. 311.

En Angleterre, pour les eaux météoriques, Lawes et Gilbert ont trouvé à Rothamsted une moyenne de $0^{mg},42$.

Au sommet du Pic du Midi, à près de 2900^{m} d'altitude, MM. Müntz et Aubin ont constaté une absence presque complète de nitrates, avec de faibles traces seulement dans de rares cas. Ils attribuent ce fait à ce que les orages se forment à quelques centaines de mètres au-dessous du sommet et à ce que les nitrates qu'ils produisent ne tendent pas à s'élever dans l'atmosphère, mais au contraire à descendre vers les régions basses, en raison de la pesanteur, car ils sont sous la forme de poussières salines.

MM Müntz et Marcano, dans la zone intertropicale, où les manifestations orageuses ont une grande intensité et une grande fréquence, ont obtenu une moyenne de $2^{mg},23$ à Caracas (Vénézuéla), à $10^{o},3$ de latitude N, c'est-à-dire des chiffres beaucoup plus élevés.

Étant donné que les nitrates trouvés dans les pluies et les neiges dans les stations d'observation de la Mission Charcot sont en quantité peu différente de ce qu'ils sont dans les régions tempérées de l'Europe, il y a lieu de se demander d'où ils proviennent. Les orages semblent être rares dans cette région. Tout au moins, pendant la durée du séjour, n'en a-t-on pas constaté un seul. Ce ne serait donc pas sur place que ces nitrates se seraient formés. Ils auraient été apportés par les vents. De fait, les bourrasques venant du Nord ont été fréquentes et violentes; ce sont ces vents, venant de régions où les manifestations électriques de l'air sont plus énergiques, qui ont dû charrier les poussières de nitrates jusqu'à ces hautes latitudes.

Quant à la corrélation que nous espérions pouvoir saisir entre l'apparition des aurores polaires et les variations de la proportion des nitrates, aucune constatation n'a pu être faite à cet égard, à cause de l'absence complète de ces phénomènes lumineux aux stations où a séjourné la Mission. Des aurores polaires cependant existent au voisinage du Pôle Sud. M. Shakleton a eu l'occasion d'en observer fréquemment.

M. **Darboux** présente à l'Académie la Préface qu'il a écrite pour le Tome I des *Procès-verbaux des séances tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835.

M. **W. Kilian**, par l'organe de M. *C. Barrois*, fait hommage à l'Académie d'un fascicule de *Lethæa geognostica*, consacré à l'*Infracrétacé*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique, en remplacement de M. *Gernez*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Branly	obtient	29 suffrages	
M^me^ Curie	»	28	»
M. Marcel Brillouin	»	1 suffrage	

Aucun candidat n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin. Le nombre de votants étant 58,

M. Branly	obtient	30 suffrages	
M^me^ Curie	»	28	»

M. **Branly**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mécanique sociale*, par Sp.-C. Haret. (Présenté par M. Gaston Darboux.)

2° *Obras sobre Mathematica*, do D^r^ F. Gomes Teixeira. (Tomes II et III.)

3° *Oorsprong en samenstelling der Transvaalsche nepheliensyenieten*, door H.-A. Brouwer. (Présenté par M. A. Lacroix.)

ASTRONOMIE. — *Sur un système de synchronisation fixe ou différentielle.* Note (1) de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans les observations méridiennes modernes l'emploi des chronographes enregistreurs est devenu de plus en plus fréquent; toutefois les systèmes de

(1) Présentée dans la séance du 16 janvier 1911.

synchronisation employés pour ces appareils ne sont pas encore absolument parfaits. Dans le chronographe Gautier, employé surtout en France, la roue de synchronisation, réglée très approximativement à la vitesse de *un* tour par seconde, vient à chaque révolution buter, par un taquet qu'elle porte, contre un arrêtoir qui s'efface et se soulève périodiquement de seconde en seconde sous l'action d'un électro-aimant. Cet électro-aimant est traversé à chaque seconde par un courant de faible durée mis en action par la pendule synchronisatrice. Ce système présente quelques inconvénients : d'abord la nécessité de donner à la roue synchronisée une vitesse un peu supérieure à la vitesse de un tour par seconde, d'où la production d'un certain arrêt au moment du choc synchronisateur; ensuite la brutalité relative de ce choc entre pièces métalliques et par suite l'usure qui en résulte.

Le système suivant permet d'éviter ce double inconvénient et a d'autres avantages plus importants peut-être que nous indiquons plus loin.

Supposons la roue des secondes solidaires d'un disque R (*fig.* 1) sur lequel sont fixées perpendiculairement à son plan deux barres de fer doux P, P', qui, dans leur rotation, viennent à chaque seconde passer devant les pôles de deux électro-aimants E, E'.

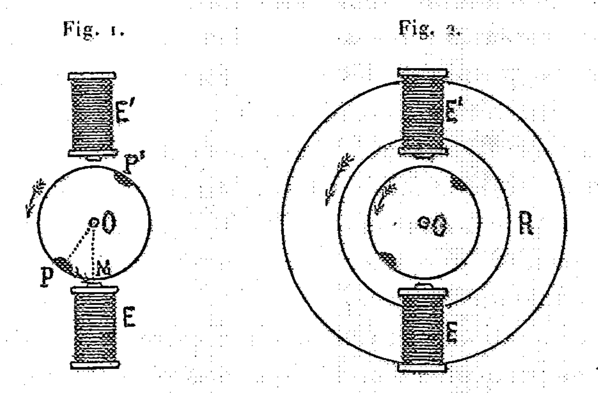


Fig. 1. Fig. 2.

Un courant venant de la pendule directrice traverse ces derniers à chaque seconde pendant un temps très court. Le disque R tournant très approximativement à la vitesse de *un* tour par seconde, les fers doux P, P' passant au voisinage de E, E' subissent leur attraction qui est sans effet si la vitesse est exactement réglée. Mais qu'un léger retard se manifeste, comme dans la figure 1, l'attraction des électro-aimants produit alors une impulsion accélératrice; l'impulsion serait au contraire retardatrice si la roue R avait pris de l'avance. Pour que l'impulsion accélératrice ou retardatrice soit d'autant plus grande que l'angle d'écart POM est plus grand (jusqu'à une certaine limite α de celui-ci), il faut donner aux barres de fer doux une certaine largeur angulaire sur la circonférence R, largeur qu'on peut aisément déterminer étant donné α. Deux bobines E, E', au moins, sont nécessaires pour éviter les pressions sur l'axe.

Ce système, analogue à celui employé déjà pour la synchronisation des pendules, présente un autre avantage qui dans certains cas peut devenir très important.

Supposons que les électro-aimants, fixés sur une roue dont l'axe coïncide géométriquement avec celui de R, soient animés d'un mouvement de rotation *très lent* (*fig.* 2). Si, par exemple, ils effectuent en 24 heures *une* révolution dans le même sens que R, celle-ci fera dans les 24 heures *un* tour de plus que si les électro-aimants restaient fixes; si E, E' font n tours en 24 heures, la roue synchronisée D en fera $(86400 + n)$; elle en ferait $(86400 - n)$ si le mouvement de E E' était inverse. En particulier, si $n = 236,56$ et si la pendule directrice bat la *seconde moyenne*, chaque révolution de R correspond au contraire à une *seconde sidérale*.

Un tel système permettra donc la transformation de la seconde moyenne en seconde sidérale, ou inversement; une pendule de temps moyen pourra mener « sidéralement » un chronographe, ou même *synchroniser* une horloge de temps sidéral par l'intermédiaire de la roue R. Quant au mouvement d'horlogerie qui fera exécuter la rotation voulue aux électro-aimants E, E', il peut être grossier, par exemple une horloge très ordinaire. En effet, une variation diurne de 6 minutes dans cette horloge n'entraînerait au bout de 24 heures qu'une erreur de *une* seconde dans la transformation indiquée. Enfin, le fait que, si la rotation des électro-aimants est obtenue par une horloge auxiliaire, cette rotation est discontinue et se produit par petites saccades périodiques correspondant à l'échappement, n'introduit aucune erreur appréciable, en vertu de la faible vitesse de rotation. Elle serait d'ailleurs nulle exactement si le balancier de l'horloge auxiliaire battait la même seconde que la pendule directrice (par exemple, s'il était synchronisé lui-même par la pendule directrice).

De telles considérations peuvent avoir d'autres applications. Dans les équatoriaux, et en particulier dans les équatoriaux photographiques, malgré les rappels à la disposition de l'observateur, on tire les plus grands avantages de la synchronisation des mouvements destinés à entraîner ces appareils. Or une synchronisation variable, différentielle en quelque sorte, permettrait de modifier la vitesse d'entraînement, tout en lui laissant son extrême précision, de manière à suivre exactement, en ascension droite, un astre mobile tel que planète ou comète dont le mouvement est approximativement connu. La méthode consisterait donc dans l'adjonction d'un appareil auxiliaire (qui n'aurait pas besoin d'être très précis, car ses variations n'interviennent en quelque sorte que secondairement) faisant tourner les électro-aimants E, E'. Il y aurait intérêt, pour ne pas introduire des vitesses

trop différentes du mouvement auxiliaire, à ce que l'entraînement normal (sidéral) correspondît à une certaine vitesse non nulle, par exemple à une rotation de un tour par minute pour les électro-aimants. L'appareil auxiliaire pourrait être, soit à mouvement continu avec régulateur variable, soit plus simplement une horloge très ordinaire dont on ferait varier aisément la longueur du balancier.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Premières observations sur le spectre de la nouvelle étoile du Lézard.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. H. Deslandres.

Le spectre de cette étoile, découverte le 30 décembre 1910 ([1]), a été étudié et photographié à Meudon, avec une chambre prismatique fixée à l'équatorial de 8 pouces. Cette chambre, qui a déjà été employée pour les comètes Innes et Halley, comprend un miroir de 25^{cm} d'ouverture et de 75^{cm} de distance focale avec un prisme objectif d'un angle de 23° et de même ouverture.

Le mauvais temps d'abord et la présence de la Lune ensuite ont empêché toute observation jusqu'au 15 janvier. Nous eûmes seulement deux soirées découvertes, quoique brumeuses, qui permirent de faire deux poses, l'une de 10 minutes et l'autre de 45 minutes, cette dernière avec un spectre de comparaison.

Les raies de l'hydrogène H_β, H_γ, H_δ, H_ε, H_ζ apparaissent très brillantes et très larges, s'étendant sur une longueur de près de 40 angströms. Dans chacune des raies-bandes H_β, H_γ, H_δ, on distingue une raie qui se détache plus brillante, à environ 12 angströms du milieu de la bande et du côté du rouge. Cette raie doit exister dans H_ε et H_ζ, mais ne s'y distingue pas nettement à cause, sans doute, de la plus faible intensité de ces deux dernières bandes sur le cliché.

On distingue encore une très forte bande à bords flous, aussi intense que les raies de l'hydrogène, vers $\lambda = 464$. Elle s'étend sur une longueur de 50 angströms environ ([2]).

([1]) Cette étoile a été signalée par Espin, comme étant de 8e grandeur et ayant le spectre caractéristique des étoiles nouvelles. On a pu ensuite reconnaître, sur les épreuves des Observatoires d'Heidelberg et de Harvard College, que cette étoile avait la grandeur 5 en novembre dernier et la grandeur 12 à 13 dans les années antérieures.

([2]) On distingue près du bord gauche de H_γ une raie brillante vers λ 437.

Le spectre obtenu est trop linéaire pour permettre de décider s'il existe des raies sombres. On en soupçonne une cependant du côté violet de H_γ.

On sait que quelques doutes ont été émis sur le classement de cette étoile dans les variables à longue période ou dans les nouvelles. La largeur extraordinaire des raies brillantes de l'hydrogène semble favoriser plutôt cette seconde hypothèse.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le système d'équations différentielles ordinaires canoniques généralisées et le problème généralisé de S. Lie.* Note [1] de M. C. **Russyan**.

Le système d'équations différentielles ordinaires canoniques généralisées est celui de $2n+1-m$ équations différentielles ordinaires correspondant au système complet d'équations linéaires partielles

$$(1)\qquad (F_i, F) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m),$$

où

$$(F_i, F) = \sum_1^n {}_k \left(\frac{\partial F_i}{\partial x_k} + p_k \frac{\partial F_i}{\partial z}\right)\frac{\partial F}{\partial p_k} - \frac{\partial F_i}{\partial p_k}\left(\frac{\partial F}{\partial x_k} + p_k \frac{\partial F}{\partial z}\right)$$

et

$$(2)\qquad (F_s, F_t) = 0 \qquad (s, t = 1, 2, \ldots, m).$$

On obtient ce système canonique (2) en égalant à zéro tous les déterminants d'ordre $m+1$ du système d'éléments

$$(a)\quad \left|\begin{array}{cccc} \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ dx_i & \dfrac{\partial F_1}{\partial p_i} & \ldots & \dfrac{\partial F_m}{\partial p_i} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ dz & \sum_1^n {}_s\, p_s \dfrac{\partial F_1}{\partial p_s} & \ldots & \sum_1^n {}_s\, p_s \dfrac{\partial F_m}{\partial p_s} \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ dp_i & -\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial x_i} + p_i \dfrac{\partial F_1}{\partial z}\right) & \ldots & \left(\dfrac{\partial F_m}{\partial x_i} + p_i \dfrac{\partial F_m}{\partial z}\right) \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \end{array}\right| \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Les fonctions $F_i(x, z, p)$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ étant indépendantes et en

[1] Reçue dans la séance du 16 janvier 1911.

involution, ce système canonique (2) ne contient que $2n+1-m$ équations indépendantes, complètement intégrables.

1. Les formules de la transformation de Pfaff des $2n+1-m$ des variables x, z, p, après laquelle l'expression $dz - p_1 dx_1 - \ldots - p_n dx_n$, où $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ ne contient m des nouvelles variables, par exemple, $y_1, \ldots, y_m$ que dans le multiplicateur commun $\mu(y_1, \ldots, y_{2n+1-m})$ de ses coefficients, satisfont au système canonique (2), où

$$F_i(x, z, p) = C_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m),$$

dans la supposition que $y_{m+1}, \ldots, y_{2n+1-m}$ soient constantes.

On obtient l'équation différentielle pour μ en ajoutant au système (a) d'éléments encore une ligne : $d\mu, -\mu\frac{\partial F_1}{\partial z}, \ldots, -\mu\frac{\partial F_m}{\partial z}$ (¹). Si $\mu f(x, z, p) = C$ est l'intégrale déterminant μ, il est aisé de voir que

$$(f, F_i) - f\frac{\partial F_i}{\partial z} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Nous appellerons la fonction satisfaisant à ces dernières équations le *multiplicateur* de Pfaff du système canonique (2). L'expression la plus générale du multiplicateur de Pfaff est $f(x, z, p)\varphi(F_1, \ldots, F_{2n+1-m})$, où $F_s = C_s$ $(s = 1, 2, \ldots, 2n+1-m)$ est le système d'intégrales du système canonique (2), et φ la fonction arbitraire. Comme les fonctions (F_s, F_t) $(s, t = m+1, \ldots, 2n+1-m)$ sont ces multiplicateurs, les équations $\frac{(F_s, F_t)}{f(x, z, p)} = \Gamma_{st}$, ainsi que $(f, F_t) - f\frac{\partial F_t}{\partial z} = \Gamma_t$, sont les intégrales du système (2); c'est la généralisation du théorème connu de Poisson.

2. Parmi les équations du système canonique (2), il y a en particulier

$$(3) \qquad dz - p_1 dx_1 - \ldots - p_n dx_n = 0.$$

Il peut arriver qu'un système non complet d'intégrales du système canonique (2), $F_s(x, z, p) = C_s$ $(s = 1, 2, \ldots, n+r;\ n \leqq n+r < 2n+1-m)$, satisfasse avec une autre équation $F_{n+r+1}(x, z, p) = C_{n+r+1}$ à (3), de sorte que $\rho(dz - p_1 dx_1 - \ldots - p_n dx_n) = dF_{n+r+1} - P_1 dF_1 - \ldots - P_{n+r} dF_{n+r}$. On voit aisément que $F_{n+r+1} = C_{n+r+1}$ est de même une intégrale du système (2). Les intégrales manquantes, s'il y en a, s'obtiennent à l'aide de différentiations et d'éliminations. En effet, il suit des formules (a) de la

(¹) C. Russyan, *Die Pfaffsche Methode der Integration der partiellen Differentialgleichungen I O.* Zweite Mittheilung (*Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie*, 1903).

transformation de contact généralisées (¹) en vertu des relations

$$(F_i, F_s) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m; s = 1, 2, \ldots, n + r + 1),$$

que

$$(F_i, P_{m+t}) = 0 \qquad (t = 1, 2, \ldots, n + r - m).$$

Il y a toujours parmi ces intégrales $F_s = C_s (s = 1, 2, \ldots, n + r + 1)$, $P_{m+t} = \Gamma_{m+t} (t = 1, 2, \ldots, n + r - m)$ du système canonique (2), $2n + 1 - m$ indépendantes et comme, les fonctions $F_1, \ldots, F_{n+r+1}$ étant connues, les fonctions $P_1, \ldots, P_{n+r}, \rho$ s'obtiennent par des différentiations et des éliminations, le théorème énoncé est démontré. C'est la généralisation d'un théorème de S. Lie (*M. Ann.*, t. XI, p. 3). Le système d'équations des caractéristiques du système en involution $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ étant déterminé, son intégrale complète s'obtient par des éliminations.

3. On a donc la généralisation d'un autre théorème de S. Lie (*loc. cit.*, théorème I) : « Si l'on a un système de $n + r$ $(n \leqq n + r < 2n + 1 - m)$ intégrales du système canonique (2) de la propriété indiquée, la détermination de l'intégrale complète du système en involution

$$F_i(x, z, p) = C_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

n'exige que des différentiations et des éliminations ». Si, en particulier, $n + r + 1 = n + 1$, de sorte que

$$(4) \qquad \rho(dz - p_1 dx_1 - \ldots - p_n dx_n) = dF_{n+1} - P_1 dF_1 - \ldots - P_n dF_n,$$

il s'ensuit que

$$(5) \qquad \begin{cases} (F_s, F_t) = 0 \qquad (s, t = 1, 2, \ldots, n + 1), \\ (F_{n+1}, P_{m+t}) = \rho P_{m+t}, \qquad (F_s, P_{m+t}) = \begin{cases} 0 & (s \neq m + t), \\ \rho & (s = m + t) \end{cases} \\ (s = 1, 2, \ldots, n; t = 1, 2, \ldots, n - m), \end{cases}$$

et inversement. Le système d'intégrales du système canonique (2), jouissant de la propriété (5), s'appelle *canonique*. On peut l'obtenir à l'aide, par exemple, du théorème généralisé de Poisson. Si, par exemple,

$$\frac{\partial(F_1, \ldots, F_m)}{\partial(p_1, \ldots, p_m)} \neq 0$$

(¹) *Comptes rendus*, 1910, nº 2. Ces formules sont la généralisation du théorème de M. W. Stekloff (*Comptes rendus*, 1909, nº 3), qui n'a été nulle part démontré par S. Lie.

et si

$$X_{m+s}(x, z, p) = x^0_{m+s}, \quad Z(x, z, p) = z_0, \quad P_i(x, z, p) = p^0_i$$
$$(s = 1, 2, \ldots, n - m;\ i = 1, 2, \ldots, n),$$

$\mu\rho(x, z, p) = \mu_0$ est le système principal d'intégrales du système canonique (2) relatif au point $x^0_1, \ldots, x^0_{1n}$, de sorte que $\frac{\partial(F^0_1, \ldots, F^0_m)}{\partial(p^0_1, \ldots, p^0_n)} \neq 0$, on a, d'après le théorème mentionné,

$$(X_{m+s}, X_{m+t}) = 0, \quad (Z, X_{m+s}) = 0, \quad (Z, P_i) = \rho P_i,$$
$$(X_{m+s}, P_{m+t}) = \begin{cases} 0 & (s \neq t), \\ \rho & (s = t), \end{cases} \quad (X_{m+s}, P_j) = 0$$
$$(s, t = 1, 2, \ldots, n - m;\ i = 1, 2, \ldots, n;\ j = 1, 2, \ldots, m).$$

Or

$$F_i(x, z, p) = F_i(x^0_1, \ldots, x^0_m, X_{m+1}, \ldots, P_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

et

$$\frac{\partial(F_1, \ldots, F_m)}{\partial(P_1, \ldots, P_m)} \neq 0.$$

On peut donc substituer aux intégrales $P_j = p^0_j$ $(j = 1, 2, \ldots, m)$ celles $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ et l'on obtient le système canonique d'intégrales. En vertu de la relation (4) on déduit tous les systèmes canoniques d'intégrales de l'un d'eux à l'aide de toutes les transformations de contact qui laissent $F_1, \ldots, F_m$ invariants.

4. On peut généraliser un problème de S. Lie (*loc. cit.*, § 3) et le résoudre à l'aide du théorème généralisé de S. Lie (théorème I, *loc. cit.*), ou à l'aide de la théorie des caractéristiques.

Ce problème généralisé est :

Étant donnée une série de solutions $F_1, \ldots, F_p$ (b) *du système linéaire complet* $(F_i, F) = 0$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ *et le multiplicateur de Pfaff* $f(x, z, p)$ *correspondant, les utiliser pour l'intégration du système en involution* $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$.

Comme $\frac{(F_\alpha, F_\beta)}{f}$, $(f, F_\alpha) - f\frac{\partial F_\alpha}{\partial z}$ sont des solutions du système linéaire, on en adjoint les nouvelles solutions à la série (b) et en procédant de cette manière on parvient à la série $F_1, \ldots, F_r$ (c) telle que ce procédé ne donne aucune nouvelle solution, c'est-à-dire à un groupe. Cherchons les fonctions Ω des $F_1, \ldots, F_r$ telles que $(F_s, \Omega) = 0$ $(s = 1, 2, \ldots, r)$, $(f, \Omega) - f\frac{\partial \Omega}{\partial z} = 0$ (fonctions « distinguées » du groupe). Ce système est complet, car

$$[F_s(F_t\Omega)] - [F_t(F_s\Omega)] = -\frac{\partial F_s}{\partial z}(F_t\Omega) + \frac{\partial F_t}{\partial z}(F_s\Omega) + f(F_\alpha\Omega) + F_\alpha\left[(f\Omega) - f\frac{\partial \Omega}{\partial z}\right],$$

où

$$(F_s, F_t) = f.F_\alpha$$

et

$$\left[F_s, (f\Omega) - f\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right] - [f_s(F_s\Omega)] + f\frac{\partial}{\partial z}(F_s\Omega) = (\Omega F_\beta) + \frac{\partial f}{\partial z}(\Omega F_s),$$

où

$$F_\beta = (fF_s) - f\frac{\partial F_s}{\partial z}.$$

Le nombre des fonctions distinguées est égal à $r+1-q$, où q est le plus haut degré des déterminants différents de zéro du système d'éléments [1],

$$\left|\begin{matrix} \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ (F_{m+i}, F_{m+1}) & \cdots & (F_{m+1}, F_r) \\ \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ (fF_{m+1}) - f\dfrac{\partial F_{m+1}}{\partial z} & \cdots & (fF_r) - f\dfrac{\partial F_r}{\partial z} \end{matrix}\right| \qquad (i = 1, 2, \ldots, r-m).$$

Dès ce moment, le procédé pour utiliser ces fonctions et achever l'intégration du système en involution $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ est tout à fait analogue de celui de S. Lie pour le cas $\frac{\partial F_i}{\partial z} = 0$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ (*loc. cit.* § 3). Ayant trouvé enfin le système de caractéristiques du système final en involution

$$(6) \qquad F_i = C_i, \qquad \Omega_{m+s} = \Gamma_{m+s} \qquad (i = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, k-m),$$

on trouve l'intégrale complète du système $F_i(x, z, p) = C_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$, sans nouvelles intégrations ou à l'aide du théorème généralisé de S. Lie, ou en déterminant directement l'intégrale complète du système (6) qui est en même temps celle du système en involution donnée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des fonctions des lignes planes.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Picard.

La variation d'une fonction de lignes peut, dans des cas étendus, se représenter par une intégrale de la forme

$$(1) \qquad \delta\varphi = \int_C P(s)\,\delta n\,ds.$$

Il n'en est pas de même de celle de $P(s)$, qui sera en général de la forme

$$(2) \qquad \delta P(s) = \int_C R(s, s_1)\,\delta n_1\,ds_1 + A_0(s)\,\delta n + A_1(s)\,\delta n' + \ldots + A_p(s)\,\delta n^{(p)}.$$

---

[1] Il y a deux cas selon que q est pair ou impair (voir S. Lie, *loc. cit.*, p. 487, théorème IV).

Les fonctions A sont liées par des relations (¹), d'où il résulte que p doit être pair; *l'ordre de continuité de la fonction* P *est donc pair.* Les fonctions A_0, A_2, ..., A_p peuvent être choisies arbitrairement, et les relations en question déterminent A_1, A_3, ..., A_{p-1}.

Du fait que p soit pair résulte une condition nécessaire d'intégrabilité des équations intégro-différentielles du premier ordre. Supposons que l'angle θ que fait avec une droite fixe la tangente en M à la courbe c figure dans une telle équation, ainsi que ses dérivées par rapport à l'arc s. Quelles que soient les quantités qui interviennent d'autre part dans cette équation, les valeurs des coefficients A qu'on en déduit ne dépendent que de la manière dont y figurent θ et ses dérivées. On voit alors aisément que, *pour que l'équation considérée soit complètement intégrable, il faut qu'elle contienne les dérivées de* θ *jusqu'à un ordre impair.* En particulier, si elle contient effectivement θ, elle doit contenir aussi sa dérivée première, c'est-à-dire la courbure.

Considérons l'équation

$$\delta\varphi_B^A = \int \frac{d}{dn}\varphi_M^A \frac{d}{dn}\varphi_B^M \,\delta n\, ds$$

que vérifie la fonction de Green g_B^A. Elle contient des dérivées prises normalement au contour qui dépendent de θ, et ne contient pas la courbure; elle n'est donc pas intégrable (²). Si l'on cherche les solutions de cette équation qui soient des fonctions analytiques et régulières des points A et B, on trouve d'une part des fonctions d'un des deux points, indépendantes de l'autre et du contour, d'autre part des fonctions de $x+iy$ et de $x_1 - iy_1$, x, y, x_1, y_1 étant les coordonnées rectangulaires de A et B. Si l'on cherche les solutions de la forme $g_B^A + \varphi_B^A$, φ_B^A étant analytique et régulière, on trouve que la dérivée de φ prise le long du contour, lorsque l'un quelconque des points A et B vient sur le contour, doit être nulle; à cette restriction près, on peut choisir arbitrairement les valeurs de φ pour un contour particulier.

L'équation aux variations de la fonction de Neumann γ_B^A n'est pas non plus intégrable, bien qu'elle contienne la courbure. Comme solutions régulières on trouve $\frac{k+S}{L^2}$; S, L, k désignant l'aire intérieure au contour,

(¹) J. HADAMARD, *Sur les dérivées des fonctions de lignes* (*Bull. de la Soc. math.*, 1902). Le résultat obtenu ici diffère de celui de M. Hadamard à cause de la signification différente des dérivées.

(²) Une erreur de calcul m'avait fait énoncer antérieurement sur les fonctions de Green et de Neumann quelques résultats inexacts qui sont rectifiés ici (*Comptes rendus*, 1ᵉʳ août et 28 novembre 1910).

sa longueur, et une constante arbitraire indépendante des points A et B et du contour. En cherchant les solutions de la forme $\gamma_B^A + \varphi_B^A$, on trouve pour φ des fonctions *harmoniques* de A et B dont la dérivée normale est nulle sur le contour.

Supposons maintenant dans la formule (2) que $p = 0$; supposons de même que R ait une continuité d'ordre zéro, ainsi que toutes les fonctions analogues qui s'introduiraient successivement de la même manière. Il ne peut pas en être de même de A_0, qui a nécessairement une continuité d'ordre 1, le coefficient de $\delta n'$ dans sa variation étant $-\frac{dP}{ds}$. D'une manière générale, toutes les fonctions qui s'introduiront pourront être représentées par la notation

$$\frac{\partial^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_h}\varphi}{\partial n_1^{\alpha_1-1}\,\partial\sigma_1\,\partial n_2^{\alpha_2-1}\,\partial\sigma_2\ldots\partial n_h^{\alpha_h-1}\,\partial\sigma_h} = \varphi_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_h}(s_1, s_2, \ldots, s_h)$$

et l'on aura

$$\begin{aligned}\delta\varphi_{\alpha_1,\ldots,\alpha_h} = \int \varphi_{\alpha_1,\ldots,\alpha_h,1}\,\delta n_{h+1}\,ds_{h+1} \\ + \sum \varphi_{\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},\alpha_i+1,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_h}\,\delta n_i - \sum(\alpha_i - 1)\frac{d}{ds_i}\varphi_{\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},\alpha_i-1,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_h}\,\delta n'_i.\end{aligned}$$

Si l'on calcule à l'aide de cette formule les variations successives de φ, les quantités $\delta n'$, $\delta n''$, ..., qui s'introduisent dans les calculs disparaîtront du résultat, ce qui n'a pas lieu pour les autres fonctions de lignes. Comme exemple de telles fonctions, citons toutes les solutions d'équations intégro-différentielles du premier ordre, intégrables ou non, dans lesquelles ne figure pas θ et ses dérivées ; la forme de ces équations peut dépendre du contour, à condition que les fonctions de lignes qui définissent cette dépendance soient elles-mêmes de l'espèce considérée.

MÉCANIQUE. — *Sur la réaction dynamique d'un jet liquide.* Note [1] de M. U. CISOTTI, présentée par M. Émile Picard.

Dans mon Mémoire *Vene fluenti* [2], j'ai donné l'intégrale générale des jets liquides parallèles à un plan fixe, en appliquant la méthode de M. Levi-Civitá [3].

---

(1) Présentée dans la séance du 16 janvier 1911.

(2) *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXV, 1908, p. 145-179.

(3) *Scie e leggi di resistenza* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXIII, 1907, p. 1-37).

Je me placerai ici dans les mêmes conditions.

1. Soient : ρ la densité (constante) du liquide ; p la pression hydrodynamique ; p_0 la pression hydrostatique ; V la valeur absolue de la vitesse dans un point quelconque ; α l'angle formé avec la direction du jet par la direction (asymptotique) des filets liquides en amont de l'orifice ; soient : $V = v_1$ leur vitesse (également asymptotique), et Ω_1 la section correspondante du vase ; soient encore $V = v_2$ et Ω_2 les éléments analogues du jet à une distance suffisamment grande de l'orifice.

Le débit étant le même en amont et en aval, on a évidemment

$$\Omega_1 v_1 = \Omega_2 v_2.$$

Soient enfin : $d\varpi$ un élément de paroi ϖ ; $\mathbf{n}$ la normale (vecteur unitaire) à $d\varpi$ dirigée vers l'extérieur du vase.

Désignons par $\mathbf{R}$ (vecteur) l'action dynamique : différence entre la résultante des forces effectivement exercées sur le vase, et celle qu'on aurait *cœteris paribus* dans le cas statique. On a

$$\mathbf{R} = \int_\varpi (p - p_0)\mathbf{n}\, d\varpi.$$

D'autre part, les forces de masse étant nulles, les équations de l'Hydrodynamique donnent

$$p - p_0 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - V^2),$$

ou bien, si l'on pose

$$V = v_2 V^*,$$

$$p - p_0 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 (1 - V^{*2}).$$

Nous aurons par suite

$$\mathbf{R} = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \int_\varpi (1 - V^{*2})\mathbf{n}\, d\varpi ;$$

d'où (en prenant la direction du jet pour axe des abscisses, et en posant $z = x + iy$)

$$\mathcal{R} = R_x + i R_y = -\frac{1}{2}\rho v_2^2 i \int_\varpi (1 - V^{*2})\, dz.$$

Un artifice dont s'est déjà servi M. Levi-Civitá [1] permet d'exprimer

[1] *Loc. cit.*, p. 20-21.

l'intégrale du second membre par une intégrale d'une fonction d'une variable complexe auxiliaire, étendue à un contour fermé. Il en résulte

$$\mathcal{R} = R_x + iR_y = \frac{1}{2}\rho\Omega_2 v_2^2(He^{i\alpha} - 2),$$

ayant posé

$$H = \frac{\Omega_1}{\Omega_2} + \frac{\Omega_2}{\Omega_1},$$

d'où

$$H \geqq 2.$$

On voit notamment que *la réaction dynamique du jet liquide ne dépend pas de la forme du vase dans le voisinage de l'orifice*, ce qui s'accorde avec une opinion couramment adoptée dans la pratique.

Dans le cas particulièrement intéressant, où la direction du jet serait en continuation de l'axe du vase, on a $\alpha = 0$, et par conséquent

$$R_x = \frac{1}{2}\rho\Omega_2 v_2^2(H - 2), \qquad R_y = 0,$$

c'est-à-dire que *la réaction du jet liquide est entièrement supportée par le fond du vase* (1).

2. Ces résultats supposent théoriquement qu'aucune action extérieure ne s'exerce sur le liquide en mouvement. Mais il est loisible de les appliquer aussi, avec une approximation suffisante, à des problèmes où interviennent des forces conservatives.

C'est ce qui arrive, par exemple, si l'on a affaire à un liquide pesant, s'écoulant d'un petit orifice percé dans la paroi d'un vase, dès qu'on remplace la section asymptotique Ω_2 du jet (théoriquement à distance infinie de l'orifice) par la section contractée de la veine, tout près de l'orifice (2), et la vitesse v_2 par $\sqrt{2gh}$ (h étant la distance de cette section à la surface libre, et g l'accélération de gravité).

Supposons, en particulier, que l'orifice soit percé en paroi verticale.

(1) M. Colonetti, dans un Mémoire qui paraîtra prochainement [*Sul moto di un liquido in un canale* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*)], a donné, suivant la même méthode, une expression remarquable de l'action dynamique qu'un courant, s'écoulant entre une paroi fixe et du liquide en repos, exerce sur ladite paroi.

(2) Voir Levi-Civita, *Sulla contrazione delle vene liquide* (*Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, t. LXIV, 1905, p. 1471).

Alors étant

$$\alpha = \frac{\pi}{2}, \qquad \Omega_2 = \varepsilon\Omega$$

(ε coefficient de contraction de la veine, Ω largeur de l'orifice), on pourra écrire

$$\mathfrak{R} = \rho g \varepsilon \Omega h(-2 + i\mathrm{H}).$$

La *réaction dynamique horizontale* est donc

$$\mathrm{R}_x = -2\rho g \varepsilon \Omega h \text{ (1)};$$

elle est dirigée dans le sens opposé au jet, comme il était à prévoir.

PHYSIQUE. — *Sur les modifications magnétiques des bandes de phosphorescence et d'absorption du rubis et sur une question fondamentale de magnéto-optique.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note précédente (2), les modifications magnétiques des bandes du rubis ont été étudiées, pour le cas où l'axe optique, le champ magnétique et le faisceau lumineux sont parallèles. MM. H. du Bois et Elias, dans un important Mémoire (3), ont décrit en détail tous les autres cas, et je n'aurais pas à revenir sur les propriétés magnéto-optiques du rubis, si mes observations confirmaient tous les résultats publiés par ces physiciens : il se trouve, au contraire, que sur une question fondamentale, mes expériences sont en complet désaccord avec celles de MM. du Bois et Elias.

Cette question est la suivante : les positions et les intensités des composantes magnétiques d'une même raie ou bande (émission ou absorption) sont-elles les mêmes dans l'observation longitudinale et dans l'observation transversale ?

MM. du Bois et Elias indiquent que, pour les cristaux uniaxes (deux spectres principaux), il se présente *neuf cas principaux différents*, suivant les

---

(1) Zeuner donne pour $-\mathrm{R}_x$ l'expression $\frac{2\rho g \Omega h}{1+\zeta_2}$, ζ_2 étant le coefficient de résistance pour l'orifice de sortie. [*Voir* Zeuner, *Théorie des turbines* (traduit de l'allemand par Kreitmann); Paris, Dunod, 1905, p. 106.] Notre résultat se trouve donc en harmonie avec la formule technique.

(2) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, 27 décembre 1910.

(3) *Annalen der Physik*, t. XXVII, 1908, p. 233.

orientations relatives de l'axe optique, des lignes de force du champ magnétique et du faisceau lumineux. D'après cela, les auteurs donnent pour divers cristaux, et en particulier pour le rubis, neuf descriptions toutes différentes les unes des autres.

Or, dans mes recherches antérieures, j'avais déjà montré qu'il y a bien, à première vue, neuf cas à envisager, mais j'avais indiqué aussi que *ces neuf cas ne donnent pas tous des effets différents et se réduisent en réalité à cinq cas distincts*. La raison de ce fait est la suivante : la décomposition magnétique dépend, d'une part de celui des spectres principaux qu'on considère et de l'orientation de la vibration par rapport aux lignes de force, d'autre part de l'orientation du cristal dans le champ magnétique, *mais elle est la même pour un faisceau normal et pour un faisceau parallèle au champ*. En d'autres termes, il n'y a pas de différence entre l'observation longitudinale et l'observation transversale, lorsque le cristal est orienté de la même manière dans un même champ magnétique et qu'il s'agit d'une vibration lumineuse orientée de la même façon par rapport au cristal et par rapport au champ.

Voici alors les cinq cas principaux qui se présentent pour les cristaux uniaxes :

Axe optique parallèle au champ (deux cas) : vibration (de Fresnel) ordinaire normale au champ; vibration extraordinaire parallèle au champ.

Axe optique normal au champ (trois cas) : vibration ordinaire parallèle au champ; vibration ordinaire normale au champ; vibration extraordinaire normale au champ.

Pour les corps isotropes, tels que les vapeurs, M. A. Dufour [1] a montré, dans un travail d'une précision remarquable, que les positions et les dissymétries des composantes observées transversalement (vibrations de Fresnel normales au champ) se retrouvent exactement dans l'effet Zeeman longitudinal [2].

Cependant, dans le Mémoire de MM. du Bois et Elias, voici, entre autres, deux cas qui, d'après ce qui précède, devraient être identiques, et pour les-

(1) A. Dufour, *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 298.

(2) M. W. Voigt, il est vrai, a établi théoriquement que, dans l'effet transversal, il doit se produire une dissymétrie qui ne se retrouve pas dans l'effet longitudinal : mais cette dissymétrie très faible ne pourrait être mise en évidence que dans des cas exceptionnels (raies très fines et très intenses) et n'a pas encore été observée d'une façon certaine.

quels les résultats, obtenus avec une même intensité du champ magnétique, ne sont pas les mêmes :

Axe optique parallèle au champ, vibration ordinaire normale au champ : 1° observation longitudinale; 2° observation transversale.

Les chiffres indiquant les écarts des composantes des bandes du rubis (à − 190°) sont notablement différents, et même les dissymétries de positions sont en des sens opposés pour la bande $693^{\mu\mu},2$.

Je cite encore les cas suivants :

Axe normal au champ, vibration ordinaire normale au champ : 1° observation longitudinale; 2° observation transversale.

Pour la bande $691^{\mu\mu},8$, les auteurs indiquent, dans l'observation longitudinale, un quadruplet beaucoup plus dissymétrique que dans l'observation transversale.

Ayant remarqué ces résultats, j'ai observé les modifications des bandes du rubis avec diverses lames de 1^{mm} à 2^{mm} d'épaisseur, très habilement taillées par M. Ivan Werlein, les unes parallèlement, les autres normalement à l'axe optique. Pour comparer les observations, on tourne l'électro-aimant de 90° sans changer les pôles; on remplace une lame parallèle à l'axe par une lame normale (ou inversement), et, comme ces lames sont petites, on peut toujours les placer au même endroit à égale distance des pôles et dans l'axe du centre de ces pôles; on obtient ainsi le même champ dans les deux observations. On oriente alors la lame de façon que l'axe optique se trouve, suivant le cas envisagé, soit parallèle, soit normal aux lignes de force.

Si les réglages sont exacts, *on n'observe aucune différence entre l'effet longitudinal et l'effet transversal.*

Les anomalies obtenues proviennent d'un défaut d'orientation des cristaux; pour s'en convaincre, il suffit de tourner la lame cristalline dans le champ magnétique : on voit les composantes changer de position et d'intensité et l'on retrouve, pour certaines positions *obliques* du cristal, les descriptions données par MM. du Bois et Elias.

Il reste à ajouter quelques remarques. J'ai montré précédemment que si une bande occupe sensiblement la même place dans deux spectres principaux, les écarts des composantes sont, en général, peu différents pour les deux vibrations principales situées dans un même plan normal aux lignes de force. Ce résultat se rapportait à des doublets; il s'étend aux quadru-

plets des bandes du rubis. Pour la bande $691^{\mu\mu},8$ il se produit en outre un effet intéressant, observé par MM. du Bois et Elias : les dissymétries d'intensités, très considérables, sont complémentaires, les composantes les plus intenses de l'un des spectres correspondant aux composantes les plus faibles de l'autre spectre.

Les bandes d'absorption et les bandes de phosphorescence occupant les mêmes places se comportent toujours de la même manière.

Les rubis naturels et les rubis reconstitués donnent les mêmes effets; ils ne diffèrent en rien au point de vue optique, et l'identité se poursuit jusque dans les moindres détails des décompositions magnétiques.

PHYSIQUE. — *Sur des expériences de télégraphie sans fil en aéroplane.* Note de M. **A. Senouque**, présentée par M. Lippmann.

Pour que les aéroplanes puissent rendre les services que l'on est en droit d'en attendre dans les reconnaissances militaires, il est indispensable que l'observateur qui accompagne le pilote soit en communication constante avec un poste à terre. Le moyen le plus satisfaisant d'assurer cette communication semble être d'avoir recours à la télégraphie sans fil. J'ai donc entrepris des expériences pour déterminer les meilleures conditions d'émission des signaux hertziens en aéroplane.

Ces expériences sont poursuivies depuis la fin d'octobre 1910 à l'aérodrome de Buc, à bord d'un aéroplane de M. Maurice Farman.

Dans une première série d'expériences, on a employé une bobine de 10^{cm} d'étincelles, alimentée par le courant de quatre accumulateurs. L'un des pôles de l'éclateur était relié aux tendeurs en acier et à toute la masse métallique de l'aéroplane, tandis que l'autre pôle était en communication avec une antenne soigneusement isolée. Cette antenne se composait de deux fils de cuivre de $0^{mm},4$ de diamètre de 50^{m} de longueur qui pendaient parallèlement l'un à l'autre à l'arrière de l'appareil. Pendant le vol, ces fils se relevaient jusqu'à devenir presque horizontaux. Le poids total de l'appareil était d'environ 20^{kg}. Dans ses expériences, M. M. Farman n'emmenait pas de passager et actionnait lui-même le manipulateur. Les ondes étaient reçues dans le hangar de l'aérodrome à l'aide d'un détecteur électrolytique Ferrié relié à une antenne horizontale de 200^{m} de longueur portée par des poteaux de 8^{m} de hauteur.

Dans toutes ces expériences, l'aéroplane s'est éloigné à une distance de 12^{km} du hangar et les signaux ont toujours été très nettement perçus.

Afin d'augmenter la portée des communications, de nouvelles expériences

sont commencées avec une bobine de 20^{cm} d'étincelles et les antennes de 100^{m} de longueur. Un passager accompagne M. M. Farman et actionne le manipulateur.

En résumé, l'envoi de signaux, par la télégraphie sans fil en aéroplane, n'offre aucune difficulté et demande seulement l'emploi d'instruments robustes qui ne se dérèglent pas sous l'action des trépidations du moteur, et assez légers et peu encombrants pour ne pas charger outre mesure l'aéroplane.

PHYSIQUE. — *Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques des atomes et un nouveau constituant universel de la matière.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente j'ai montré que les constantes de Curie, telles qu'elles sont fournies par la mesure des coefficients d'aimantation aux températures élevées avec l'aide de la théorie du champ moléculaire, donnent pour le moment magnétique de la molécule de magnétite des valeurs qui sont entre elles comme 4:5:6:8:10.

Ce résultat peut être généralisé en remarquant que la théorie des gaz paramagnétiques de Langevin peut se transposer sans changement aux corps paramagnétiques dissous. Le problème de dynamique statistique n'est pas modifié par la présence des molécules du dissolvant. En appelant :

σ_m le moment magnétique de la molécule-gramme au zéro absolu où le parallélisme des aimants élémentaires n'est pas troublé par l'agitation thermique;

R la constante de l'équation caractéristique des gaz parfaits, rapportée à la molécule-gramme;

C_m la constante de Curie moléculaire;

on a

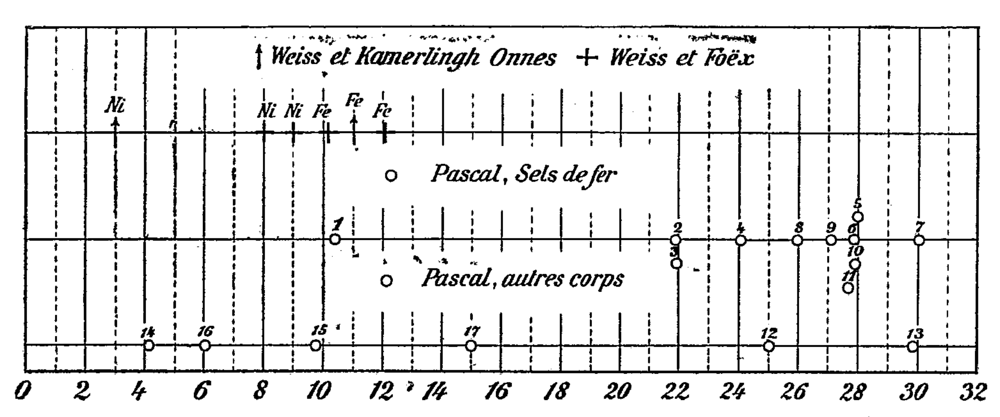
$$\sigma_m^2 = 3RC_m \qquad (R = 83,155.10^6 \text{ ergs par degré}).$$

La molécule est, dans cette théorie, la quantité de matière qui possède deux degrés de liberté de rotation. Elle est, pour presque tous les corps mentionnés dans cette Note, l'atome lui-même.

Les valeurs ainsi calculées pour l'aimantation à saturation spécifique absolue des métaux dans les solutions sont en général notablement plus

grandes que celles qui sont mesurées sur les métaux eux-mêmes, mais du même ordre de grandeur.

Ces aimantations à saturation d'origines diverses ont été portées dans le graphique ci-joint. Il contient les moments des atomes-gramme mesurés sur le fer et le nickel à la température de l'hydrogène liquide (Weiss et Kamerlingh Onnes), ceux qui résultent de mesures du coefficient d'aimantation au-dessus du point de Curie (inédites, Weiss et Foëx) et ceux qui ont été calculés à partir des coefficients d'aimantation des solutions, déterminés avec grande précision par M. P. Pascal sur des substances de types chimiques très divers.



1. Ferricyanure de potasium.
2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium.
3. Citrate de fer et d'ammonium.
4. Ferripyrophosphate de sodium.
5. Ferrimétaphosphate de sodium.
6. Chlorure ferrique.
7. Sulfate ferrique.
8. Ferrométaphosphate de potassium.
9. Ferrooxalate de sodium.
10. Ferropyrophosphate de sodium.
11. Sulfate ferreux.
12. Chlorure de cobalt.
13. Sulfate de manganèse.
14. Permanganate de potassium.
15. Sulfate de cuivre.
16. Sulfate de cuivre, ammoniacal.
17. Sulfate uraneux.

Toutes ces déterminations ont visiblement une partie aliquote commune. — L'équidistance des points 2, 4, 8, 6, 7, provenant de divers composés du fer, est particulièrement frappante.

La détermination la plus exacte de cette partie aliquote m des moments de l'atome-gramme s'obtient à partir des mesures sur les métaux à la température de l'hydrogène liquide :

Fer................................	12360 : 11 = 1123,6
Nickel..............................	3370 : 3 = 1123,3
Moyenne...............	1123,5

C'est avec cette unité que les moments des atomes-gramme sont mesurés dans le graphique.

Le nombre d'atomes dans l'atome-gramme est $N = 70,5 \times 10^{22}$ (Perrin). Le quotient $m:N = 15,94 \times 10^{-22}$ est le moment de l'aimant élémentaire lui-même, correspondant à la partie aliquote des moments des atomes-gramme. Je l'appellerai *magnéton*.

Le magnéton entre dans la constitution des atomes de fer, de nickel, de cobalt, de cuivre, de manganèse et d'uranium. Des expériences de du Bois, Liebknecht et Wills, de Stephan Meyer, d'Urbain, qui, calculées de la même manière, sont aussi démonstratives que celles que nous avons utilisées ici, montrent qu'il entre encore dans celle d'un certain nombre d'autres corps simples et notamment dans les métaux des terres rares.

Le magnéton est donc un constituant universel de la matière.

PHYSIQUE. — *L'anomalie de dilatation des aciers au nickel.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume**, présentée par M. J. Violle.

Les études que j'ai poursuivies depuis 14 ans ont fait mieux connaître le détail des anomalies présentées par les aciers au nickel, et dont mes précédentes Notes (¹) n'avaient pu donner que les traits généraux. Ces études ont eu pour but soit une recherche théorique, soit la solution de l'un des nombreux problèmes pratiques liés à l'existence de ces singuliers alliages. Les investigations ont porté sur plus de trois cents échantillons, qui, comme les premiers, ont été préparés et analysés avec une inépuisable obligeance par les aciéries d'Imphy de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

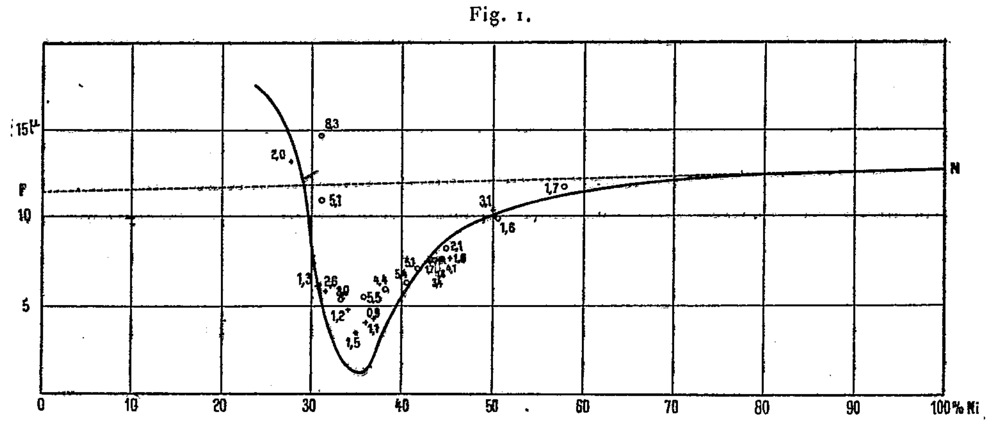
Le nombre considérable de déterminations effectuées a permis de libérer des erreurs expérimentales, et notamment de celles des analyses, la courbe des dilatabilités en fonction des teneurs. Cette courbe (*fig.* 1), limitée aux alliages réversibles, condense cet ensemble de résultats.

Ceux-ci sont rapportés à la température de 20°, dont le choix est dicté par le fait qu'elle se trouve à peu près au milieu de l'intervalle dans lequel j'ai opéré; et, conformément au calcul des probabilités, elle représente la valeur la plus certaine des dilatabilités vraies données par la formule quadratique résumant les résultats des mesures. La droite FN, qui relie la

(¹) *Comptes rendus*, t. **124**, 1897, p. 176, 752, 1515; t. **125**, 1897, p. 235; t. **126**, 1898, p. 738; t. **129**, 1899, p. 155; t. **132**, 1901, p. 1105; t. **134**, 1902, p. 538.

dilatabilité du fer et celle du nickel à la même température, et qui représente les résultats auxquels conduirait la règle des mélanges, montre bien l'intensité de l'anomalie.

Fig. 1.



Dilatabilités vraies à 20° des aciers au nickel en fonction de la teneur. Courbe : alliages normaux ; o, alliages à forte teneur en manganèse ; +, alliages chromés.

La courbe se rapporte non à des alliages purs de fer et de nickel, que leur faible cohésion rend inutilisables, mais à des alliages contenant de petites additions de manganèse, de silicium et de carbone, environ 1 pour 100 au total. La teneur en manganèse, qui constitue la plus indispensable des additions, oscillait autour de 0,5 pour 100. Les alliages ainsi définis sont considérés comme normaux.

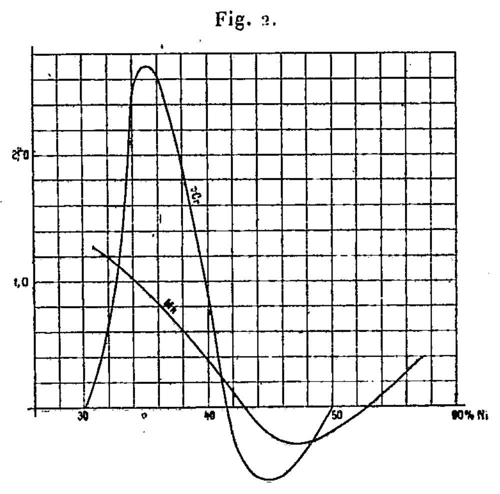
Les traitements mécaniques ou thermiques influent sur la dilatation des alliages ; j'ajouterai donc qu'il s'agit ici d'échantillons forgés à chaud et refroidis à l'air.

Rôle du manganèse. — Les cercles du diagramme marquent les dilatabilités d'alliages possédant une teneur en manganèse anormalement élevée, inscrite à côté de chaque point. Les alliages à 31 pour 100 Ni et à 5,1 et 8,3 Mn montrent que, jusqu'à cette dernière teneur, l'action spécifique est à peine atténuée. On peut donc admettre, avec une approximation suffisante, la proportionnalité pour les faibles teneurs, et déduire, des résultats expérimentaux, l'action d'une addition de 1 pour 100 de manganèse. La courbe Mn (*fig.* 2) représente les valeurs de ce *coefficient de manganèse* en fonction de la teneur en nickel.

La théorie de l'action révélée par cette courbe est complexe ; on peut toutefois la caractériser approximativement en disant que le manganèse reporte vers la droite la courbe (*fig.* 1), tout en l'élevant un peu. Le manganèse remplacerait donc du fer dans les alliages ; mais, comme il ne subit

aucune des transformations grâce auxquelles le fer commande la nature de l'anomalie, celle-ci se trouve forcément atténuée.

Fig. 2.



Action, sur la dilatabilité des aciers au nickel, d'une addition de manganèse ou de chrome égale à 1 pour 100.

Rôle du chrome. — Les croix du diagramme (*fig.* 1) correspondent aux alliages chromés; on en tire la courbe Cr (*fig.* 2) des *coefficients de chrome*. Les additions de chrome étant faibles, cette courbe n'est qu'approximative; on n'a pas jugé que les données expérimentales permissent de la prolonger au-dessous de 31 pour 100 Ni. D'ailleurs, à des teneurs peu inférieures, l'action du chrome devient complexe, en raison du voisinage des alliages irréversibles, dont le chrome abaisse beaucoup la température de transformation, en étendant le domaine des alliages réversibles; c'est, d'ailleurs, grâce à de semblables additions que la courbe des alliages normaux a pu être prolongée jusqu'à des teneurs en nickel inférieures à 25 pour 100 environ. La nature des phénomènes dans cette région est trop complexe pour être exposée dans le cadre d'une Note.

PHYSIQUE. — *Sur le potentiel de décharge dans le champ magnétique.* Note de M. **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

I. Dans deux Notes récentes (¹), M. Gouy donne les résultats de ses recherches sur le potentiel de décharge dans le champ magnétique. Il

(¹) Gouy, *Comptes rendus*, 20 juin et 5 décembre 1910.

distingue deux cas : 1° il y a des lignes de force magnétique joignant deux cathodes (en désignant sous ce nom toute surface portant une charge négative, et se rappelant que la paroi de verre de l'ampoule peut jouer le rôle de cathode secondaire). Il y a alors *abaissement* constant du potentiel explosif. C'est ce que M. Gouy appelle l'*action intercathodique;* 2° le tube est disposé de manière à éviter l'action intercathodique. En ce cas, le champ magnétique multiplie le potentiel disruptif par un facteur *qui peut être supérieur ou inférieur à l'unité*, et qui varie en sens inverse de la longueur du faisceau magnéto-cathodique.

Dans un précédent travail (1), j'ai, de mon côté, publié quelques résultats sur le même sujet. J'ai utilisé des tubes à anode cylindrique et à cathodes placées suivant l'axe du cylindre, réalisant ainsi un champ électrique cylindrique; le champ magnétique est parallèle à l'axe du cylindre (2). L'intérêt de cette disposition est qu'elle permet le calcul de la trajectoire des électrons, et par conséquent la comparaison de l'expérience avec la théorie ordinairement admise des phénomènes de décharge disruptive. J'ai montré que, dans ces conditions, la théorie se trouve qualitativement et quantitativement vérifiée, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à l'action intercathodique de M. Gouy, J'ai signalé en particulier l'existence du champ magnétique optimum exigé par la théorie, et que M. Gouy n'a jamais rencontré avec les formes de tubes à action intercathodique dont il s'est servi.

II. M. Gouy a fait à mes expériences quelques objections, attribuant à la formation de cathodes secondaires mon observation relative au champ magnétique optimum. Pour lever ces objections et éprouver en même temps la généralité de la règle de M. Gouy, relative à l'action intercathodique, j'ai réalisé quelques expériences nouvelles dont je résume ici les résultats.

1° J'ai utilisé un tube à anode cylindrique *entièrement fermée aux extrémités*, contenant une cathode filiforme disposée suivant l'axe du cylindre et soutenue vers une extrémité par un fil qui traverse le cylindre anodique par une petite ouverture. Si le champ magnétique est parallèle à l'axe du cylindre, on évite entièrement l'action intercathodique et la formation des cathodes secondaires, tout en conservant la disposition relative des deux champs électrique et magnétique pour laquelle le calcul théorique est applicable. L'objection de M. Gouy ne saurait donc s'appliquer à ce

(1) E. Bloch, *Comptes rendus*, 7 novembre 1910.

(2) Ces tubes, que je croyais analogues aux premiers tubes de M. Gouy, en différaient en réalité assez notablement.

tube. Or les phénomènes qu'il présente sont, de tous points, semblables à ceux que j'ai signalés précédemment avec les tubes à cylindre anodique ouvert et à une ou deux cathodes : avec un champ magnétique modéré on retrouve le phénomène de M. Gouy et la position privilégiée; avec un champ plus fort, on peut observer le phénomène inverse. Il y a donc, ici encore, un champ magnétique optimum, en conformité avec la théorie classique.

2° On prend pour anode un anneau circulaire et l'on place dans le plan de l'anneau et au voisinage du centre les deux extrémités d'un fil de platine recourbé et entouré de verre sauf aux deux bouts. Ce fil de platine sert de cathode, et, grâce à la disposition indiquée, on réalise deux cathodes à peu près ponctuelles placées dans le plan du cercle anodique et près du centre. Le champ magnétique est orienté parallèlement au plan du cercle et au diamètre qui contient les deux cathodes; on se place donc à dessein dans le cas où l'action intercathodique doit être très marquée. Or, si les conditions expérimentales sont convenables, on constate *une élévation du potentiel de décharge dans le champ magnétique*. Par exemple, un champ magnétique de 1400 gauss environ *éteint* la décharge qui passait sous 645 volts. Cette expérience montre que *la règle de l'action intercathodique n'est pas toujours applicable*. J'ajoute que l'ensemble des phénomènes observés avec le tube précédent, ainsi que ceux qu'on observe avec un tube analogue mais à une seule cathode ponctuelle placée au centre du cercle anodique, est en complet accord avec la théorie classique.

3° Utilisant le tube à anode cylindrique et à cathode axiale dont j'ai parlé dans mon précédent travail, j'ai construit la courbe de variation du potentiel explosif en fonction du champ magnétique, ce dernier étant en position privilégiée, c'est-à-dire parallèle à la cathode. Cette courbe est exactement semblable à celle qu'on obtient, en l'absence de champ magnétique, avec un tube à électrodes mobiles, si l'on écarte progressivement les électrodes. Elle passe par un minimum pour lequel l'ordonnée de la courbe est de 340 volts environ, c'est-à-dire égal au potentiel minimum dans l'air. Ce résultat confirme et précise ce que j'ai dit sur l'existence du champ magnétique optimum. Il est encore en accord complet avec la théorie.

En résumé (1), la théorie moderne de la décharge disruptive paraît, dans les cas malheureusement trop peu nombreux où les calculs sont possibles, en accord complet avec les faits observés. Au contraire, la règle de l'action intercathodique de M. Gouy semble, au moins dans certains cas, se trouver en défaut. Peut-être conviendrait-il donc pour l'instant de s'en tenir au point de vue ordinaire.

---

(1) J'indique ici que, si j'ai renoncé à utiliser les cathodes filiformes ou lamellaires parallèles à l'axe du cylindre anodique et recommandées par M. Gouy pour éviter l'action intercathodique, c'est que la disposition des deux champs est trop compliquée dans ce cas pour permettre le calcul. J'ajoute que la seconde règle de M. Gouy (influence de la longueur du faisceau magnétocathodique) est peut-être assez facile à ramener, elle aussi, aux idées classiques. J'espère revenir sur ce point.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle propriété du cuivre et sur la combustion vive des gaz sans flamme ou combustion convergente.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Troost.

Il m'a été donné d'observer une nouvelle propriété du cuivre et d'apporter ainsi des éclaircissements à l'étude des phénomènes que j'ai décrits dans ma Note du 9 mars 1908 (*Comptes rendus*, t. 146, p. 539) et sur ce que j'ai publié ultérieurement relativement à la combustion convergente (*Comptes rendus*, même Tome, p. 757 et 864; t. 148, p. 292; t. 149, p. 924; t. 150, p. 781).

J'ai constaté qu'un petit tube de cuivre avec lequel je puisais le gaz dans l'intérieur d'un bec Bunsen allumé, devenait rouge au bout d'un certain temps, et pouvait être descendu dans le bec et demeurer en cet état sans allumer le gaz. Par quelques tâtonnements, j'ai reconnu les conditions dans lesquelles on obtient régulièrement le phénomène. On y arrive plus facilement avec du cuivre en fil qu'avec du cuivre en lame. En tout cas, il faut que ce métal soit pur, et, bien que j'ignore par quels procédés les différents cuivres que j'ai employés ont été obtenus, je suis porté à croire que le *cuivre électrolytique* donne le mieux ce résultat.

Il faut d'abord passer le fil de cuivre dans la flamme blanche, afin de nettoyer sa surface par réduction. Aussitôt que le métal a pris son éclat, il commence à rougir, ce qui n'a pas lieu aussi rapidement, même dans les parties les plus chaudes de la flamme, avant que la surface ait été nettoyée. Après ce nettoyage, la flamme est rendue oxydante par l'ouverture de la prise d'air. Le cuivre ainsi chauffé se recuit et devient mou et cassant. Une partie se brûle et colore la flamme en vert. Il peut bientôt être descendu dans l'intérieur du bec et rester incandescent.

Pour observer plus facilement sa nouvelle propriété, j'ai muni le bec d'un verre de lampe terminé par un bout en mica, disposition que j'ai déjà signalée (t. 150, p. 781). L'intensité de l'incandescence du cuivre dépend alors uniquement de l'ouverture de la prise d'air. Elle devient d'autant plus facile à obtenir et plus vive que le cuivre a été maintenu plus longtemps dans cet état. J'ai observé qu'il était préférable au début d'envoyer dans le bec un mélange à 40 pour 100 de gaz, et qu'on pouvait ensuite diminuer cette proportion et l'amener à 30 ou 33 pour 100; l'incandescence est alors très vive. Mais si l'on ferme l'ouverture de l'air de façon à forcer la proportion de gaz, elle s'affaiblit et disparaît pour reparaître aussitôt qu'on donne accès à l'air, à moins que le cuivre ne se soit trop refroidi. De même si l'on

force la proportion d'air, l'incandescence diminue. Les conditions dans lesquelles on obtient la combustion convergente du gaz avec le cuivre ainsi préparé sont donc analogues à celles où le phénomène se produit avec le platine.

Quelles modifications a subies le cuivre pour acquérir cette propriété? Il est devenu excessivement friable et j'ai dû l'enrouler sur des tiges de fer ou de nickel de façon à lui donner un support ou une *âme* sur laquelle il pût se maintenir. Après le refroidissement j'ai trouvé, surtout dans mes premiers essais, le cuivre oxydé superficiellement, et j'ai constaté que la proportion d'oxyde pouvait atteindre 10 pour 100. J'ai donc cru qu'il fallait attribuer la nouvelle propriété à l'oxyde, mais j'ai reconnu ensuite que cette idée était inexacte, car j'ai recueilli du cuivre tombé dans le bec où il s'était refroidi à l'abri de l'air; la surface en était restée mordorée et par suite non oxydée. Ce cuivre corrodé intérieurement se réduit en poudre par simple pression. La poudre examinée au microscope paraît cristalline. De même si l'on traite la poudre noire recouverte d'une couche d'oxyde par l'acide chlorhydrique étendu (à 1 pour 100, c'est suffisant), l'oxyde est dissous, et l'on constate le même aspect mordoré et cristallin.

Cette propriété me semble donc être attribuable au cuivre cristallisé, et comme le cuivre électrolytique possède cet état, je pense, sans en être certain, qu'il faut le choisir pour obtenir le phénomène. Le fil de cuivre doux des conducteurs électriques, généralement préparé par un procédé électrolytique, s'y prête particulièrement bien. Je crois également que c'est la portion amorphe du métal entourant les cristaux qui se volatilise le plus facilement et brûle en donnant la coloration verte à la flamme, quand la proportion d'air de l'intérieur du bec dépasse 60 pour 100, car il y a une proportion convenable du mélange gazeux pour laquelle la coloration verte de la flamme n'apparaît pas. On pourrait croire que la corrosion du cuivre et la flamme verte sont la conséquence de la formation de l'hydrure de cuivre, mais, fait à remarquer, la formation de l'hydrure cesserait aussitôt que la proportion du gaz devient prépondérante.

Le platine maintenu à l'état incandescent dans les conditions ci-dessus devient lui-même cassant et s'altère non seulement à sa surface rendue grisâtre, mais en son intérieur qui prend l'aspect divisé, cristallin. C'est peut-être à une action analogue qu'est due l'altération bien connue des creusets de platine portés dans la flamme blanche du gaz d'éclairage et que le chauffage à haute température fait disparaître, en provoquant sans doute la fusion des cristaux.

Le mélange gazeux au contact du cuivre incandescent a subi dans sa composition et dans ses propriétés combustives des modifications remarquables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de l'acide phényl-αβ-penténique en son isomère γδ.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Les recherches de Fittig et de ses élèves (¹), sur l'isomérisation des acides éthyléniques, ont montré que la double liaison pouvait, chez certains d'entre eux, se déplacer sous l'influence des solutions alcalines à l'ébullition. En particulier, il est bien connu, et le fait est consigné dans tous les Traités de Chimie organique, que les acides éthyléniques en βγ se tranforment ainsi, plus ou moins complètement, en leurs isomères αβ.

A ce sujet, il n'est pas inutile de faire remarquer que Fittig ne s'est pas borné à montrer la possibilité du passage des acides βγ en αβ; il a également prouvé que, inversement, les acides αβ, sous les mêmes influences, se transforment en leurs isomères βγ. Pourquoi cette deuxième partie des conclusions de Fittig a-t-elle été omise dans les traités classiques? Je l'ignore; car elle ne me paraît pas moins intéressante que la première, dont elle forme, à mon avis, le complément inséparable.

Parmi les acides αβ que Fittig a étudiés au point de vue de leur transformation en βγ, il en est un pour lequel les résultats des expériences n'ont pas été concluants : c'est l'acide phényl-αβ-penténique

$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CH = CH - CO^2H.$$

L'auteur dit à son sujet : « Par ébullition de l'acide αβ, dans les conditions indiquées, il se forme de l'acide β-oxy, et à côté un acide liquide qui, sans doute, est ou contient l'acide βγ régénéré ».

Je me suis proposé de reprendre cette étude, dans l'espoir d'arriver à des résultats plus précis, grâce à l'emploi de la méthode de séparation des acides éthyléniques βγ et γδ par l'intermédiaire des lactones iodées, méthode que j'ai fait connaître il y a quelques années (²).

Je développerai dans un autre Recueil les conditions précises de mes expériences. Qu'il me suffise de dire ici que j'ai chauffé l'acide phényl-

(¹) *Liebig's Annalen*, t. CCLXXXIII, 1894, p. 47 à 148 et 269 à 341.
(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8ᵉ série, t. XIV, 1908, p. 145 à 184.

αβ-penténique avec de la lessive de soude diluée au tiers et à des températures variables, depuis 100° jusqu'à 170°.

Dans aucun cas je n'ai pu caractériser la présence de l'acide attendu, savoir l'acide βγ; par contre, j'ai trouvé que l'isomérisation se faisait, pour une part importante, dans le sens de l'acide γδ :

$$C^6H^5-CH=CH-CH^2-CH^2-CO^2H.$$

J'ai nettement caractérisé cet acide : 1° par la lactone iodée correspondante, fondant entre 103° et 110° suivant la rapidité du chauffage ([1]); 2° en régénérant, de cette lactone iodée, l'acide phényl-γδ-penténique, fondant à 90° et le comparant avec l'acide préparé par la méthode de Fr. Fichter ([2]).

La réaction est complexe et ne se fait pas uniquement dans le sens de l'acide γδ; dans les conditions les plus favorables j'ai obtenu environ, en acide γδ, 50 pour 100 de l'acide αβ mis en expérience. Il se forme en outre une proportion importante d'acide β-oxy, comme l'avait observé Fittig; il reste enfin une faible quantité d'un produit liquide, à réaction acide, qui est peut-être un mélange et que je n'ai pas étudié.

J'ai cru intéressant de faire connaître cette isomérisation d'un acide éthylénique αβ en son isomère γδ, aucun exemple d'une pareille transformation n'ayant, je crois, été signalé jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pinacone acétylénique.* Note de M. Georges Dupont, présentée par M. A. Haller.

M. L. Henry a décrit les propriétés de la *pinacone succinique* ([3]), en se plaçant au point de vue de l'action réciproque de ses fonctions alcooliques. Il m'a semblé intéressant d'étudier la perturbation qu'apporte, dans ces propriétés, l'interposition d'une triple liaison entre les fonctions alcooliques.

Le glycol $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH-C\equiv C-COH<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$ préparé, dans ce but, par l'action de

([1]) Dans mon Mémoire aux *Annales de Chimie et de Physique*, rappelé plus haut, j'ai indiqué le point de fusion, 103°; j'ai reconnu depuis qu'il était influencé par la rapidité du chauffage.

([2]) *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXXI, 1898, p. 2001.

([3]) Louis Henry, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 496.

l'acétone sur le *dibromomagnésiumacétylène* est, comme l'indique Jotsitch (1), un solide blanc, fondant à 95°. Je n'ai pu en obtenir d'hydrate, alors que les pinacones saturées en donnent aisément un.

A. *Action des hydracides.* — Si l'on a soin d'opérer à basse température, les hydracides agissent sur la pinacone acétylénique de la même manière que sur la pinacone succinique : les fonctions alcooliques sont éthérifiées et la triple liaison est respectée.

1° L'*acide bromhydrique* donne une *dibromhydrine*

$$(CH^3)^2-CBr-C\equiv C-CBr-(CH^3)^2$$

qui, après cristallisation dans l'alcool, fond à 39° et bout, sans décomposition notable, à 219°. Insoluble dans l'eau, elle est peu soluble, à froid, dans les solvants organiques usuels.

Le rendement, qui est presque quantitatif si l'opération se produit lentement (1 jour) au voisinage de 0°, devient très mauvais si on laisse la température s'élever. On obtient alors un liquide à odeur très irritante, que je n'ai pu encore isoler à l'état pur, et dans lequel la liaison acétylénique semble avoir été atteinte. J'ai l'intention de revenir sur ce corps, ainsi que sur un produit intermédiaire très instable, fondant vers 50°, de la décomposition duquel il semble provenir.

Cette dibromhydrine est très stable : le brome, l'acide sulfurique, le permanganate à froid sont sans action. L'acide nitrique fumant l'oxyde. La potasse sèche ne l'attaque qu'au-dessus de 180°.

2° L'*acide chlorhydrique* donne de même une *dichlorhydrine* qui fond à 29° et bout à 62°-63°, sous 15^{mm}. Les rendements sont bien moins bons que pour la dibromhydrine.

B. *Déshydratation.* — L'action de l'acide sulfurique étendu, au bain-marie, donne en proportions variables, suivant la concentration et la durée de chauffe, les deux corps suivants :

1° L'*alcool* $\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}\!\!\gg C-C\equiv C-COH\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$, liquide à odeur agréable, légèrement jaunâtre. Il bout à 159°-160° et fond à $-2°$, ce qui permet de le purifier par cristallisation. $D_{15}=0,8772$; $n_D=1,4687$; $R_M=39,35$.

Ce corps ne m'a point donné d'acétine ni d'uréthane. On doit toutefois lui attribuer la formule indiquée, car, en présence de mousse de platine, il fixe 6^{at} d'hydrogène pour donner un liquide bouillant à 153°-155° d'indice $n_D=1,4216$, que ces constantes identifient avec l'*alcool* $(CH^3)^2=CH-CH^2-CH^2-COH=(CH^3)^2$ préparé par Konovaloff (2).

(1) Jotsitch, *Journ. Soc. phys. ch. r.*, t. XXXVI, 9, 1904, p. 1545.

(2) *Centralblatt*, t. I, 1902, p. 1271.

2° Le *carburé* $\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}\!\!>\!C-C\equiv C-C\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}$. La déshydratation catalytique du glycol par l'alumine calcinée donne également naissance à ce corps; mais, dans ces deux cas, le carbure est souillé d'une petite quantité de l'alcool précédent. On l'obtient beaucoup plus pur par la distillation de la dibromhydrine sur la potasse sèche.

On obtient ainsi un liquide incolore, très mobile, bouillant à 123°-124° ($D_{15}=0,7898$; $n_D=1,4859$; $R_M=38,53$). Il se résinifie très vite à l'air, surtout à chaud; il est très avide de brome.

En présence de mousse de platine, il fixe 8^{at} d'hydrogène pour donner le carbure C^8H^{18}, bouillant à 109°-110° ($n_D=1,3949$; $D_{15}=0,7001$; $R_M=39,028$). Ces constantes identifient ce corps avec le *diméthylhexane*-2.5 préparé par Clarke (¹). Ce fait légitime la formule adoptée.

C. *Conclusion.* — Cette étude montre que :

1° Vis-à-vis des hydracides, la pinacone acétylénique se comporte, du moins à basse température, comme la pinacone saturée correspondante, ou bien encore comme 2^{mol} d'alcool tertiaire;

2° Vis-à-vis des déshydratants, elle se rapproche beaucoup plus de la *pinacone malonique* qui, elle aussi, donne un alcool éthylénique avec déshydratation sur un chaînon méthyle (²). Mais ici la déshydratation est plus complète : la molécule de glycol se comporte comme 2^{mol} d'alcool tertiaire : la triple liaison semble donc préserver les deux fonctions alcooliques, séparées par elle, de toute action réciproque.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de destruction complète des matières organiques pour la recherche des poisons minéraux.* Note de M. **Pierre Breteau**, présentée par M. É. Jungfleisch.

La méthode que j'expose permet la destruction complète d'assez grandes quantités de matières organiques, en un temps relativement court, au moyen d'acide sulfurique et d'un courant réglable de vapeurs nitreuses. Elle offre une facilité très grande dans la conduite des opérations dont la surveillance est réduite au minimum; elle me paraît avoir certains avantages sur les méthodes actuelles qui font arriver de l'acide azotique froid dans de l'acide sulfurique bouillant.

(¹) Latham Clarke, *J. of am. Soc.*, t. XXXI, p. 585.

(²) Francke, *Monatsh. für Ch.*, 1907, p. 997.

On introduit 300g d'organe, suffisamment divisé, dans un ballon de verre d'Iéna de 2l et l'on ajoute 300cm³ d'acide sulfurique pur ($D = 1,84$).

Un tube de verre amène au fond du ballon un courant de vapeurs nitreuses; celles-ci sont produites par le passage d'un courant de gaz sulfureux, provenant de la détente de l'anhydride liquide, dans 0l,5 d'acide azotique contenu dans un laveur de Durand. En agissant sur la vis micrométrique du siphon d'anhydride sulfureux, on règle, selon les besoins, le courant de vapeurs nitreuses. Des tampons de coton de verre, disposés dans les branches du laveur, arrêtent les vésicules liquides qui pourraient être entraînées.

Le tube qui plonge dans le ballon peut être relié à la branche du laveur par un joint de caoutchouc, mais on le prend d'un diamètre tel qu'il puisse entrer à frottement doux dans cette branche pour que le caoutchouc ne soit pas au contact des vapeurs nitreuses. Il est mieux d'assurer la jonction par un rodage.

Le ballon contenant les matières et l'acide sulfurique est chauffé doucement sur un petit réchaud à gaz, et le courant de vapeurs nitreuses est réglé de manière qu'elles colorent l'atmosphère du ballon. Puis on procède à la destruction comme s'il s'agissait d'un dosage d'azote par la méthode de Kjeldahl.

Les matières se liquéfient d'abord, de la vapeur d'eau se dégage, un peu de mousse se produit; on augmente progressivement le chauffage, et l'on amène sans cesse un excès de vapeurs nitreuses. Les matières se carbonisent bientôt, des vapeurs blanches d'anhydride sulfurique apparaissent. A partir de ce moment, on règle le chauffage de telle sorte que le liquide noir soit maintenu en ébullition sans cependant qu'il y ait un dégagement exagéré de vapeurs blanches hors du ballon. Si l'on prévoyait ici un manque d'acide sulfurique, il suffirait d'en ajouter 50cm³, après avoir laissé refroidir.

Les vapeurs qui se dégagent sont évacuées dans une hotte à fort tirage ou aspirées par une trompe à eau, après avoir traversé un laveur contenant une solution alcaline.

La destruction des matières se poursuit, les parcelles de charbon disparaissent, l'acide sulfurique s'éclaircit peu à peu, comme s'il s'agissait d'une destruction par la méthode de Kjeldahl, où la petite quantité de mercure utilisée comme catalyseur serait remplacée par un peu de vapeurs nitreuses.

Toute cette dernière partie des opérations est la plus longue; elle s'effectue presque sans surveillance, une fois le chauffage et le courant de gaz réglés.

On obtient finalement un liquide incolore ou tout au plus jaune paille, que l'on concentre, s'il y a lieu, dans une capsule de platine. Après addition d'eau, le produit est traité selon les procédés habituels de recherche des poisons minéraux. Les composés insolubles, éventuellement formés (sulfate de baryum, etc.), sont recueillis et examinés à part.

Il faut environ 4 heures pour détruire complètement 300g d'organe et le demi-litre d'acide azotique peut servir pour 4 ou 5 destructions environ.

Je pense que cette méthode de destruction des matières organiques, extrêmement facile à manier, sera utile dans les recherches toxicologiques et dans d'autres applications.

BOTANIQUE. — *Les Gnétales sont des Angiospermes apétales.* Note de MM. **O. Lignier** et **A. Tison**, présentée par M. Guignard.

Des recherches anatomiques entreprises dans la fleur des Gnétales et poursuivies par les méthodes les plus perfectionnées, nous ont fourni des renseignements qui apportent une lumière nouvelle sur la valeur si controversée de ces organes et, par suite, sur la position systématique de la famille :

1° Le type de la fleur est le même dans les trois genres : *Welwitschia*, *Ephedra* et *Gnetum*, ainsi que dans les deux sexes.

2° Ce type comprend un axe, axillaire d'une bractée mère et portant quatre verticilles successifs. Les deux premiers de ces verticilles représentent peut-être un *périanthe*; le troisième forme l'*androcée*, avec *sores terminaux* 1-, 2- ou 3-loculaires; le quatrième constitue un *ovaire fermé*, *prolongé en style et stigmate* et ne renfermant *qu'un seul ovule réduit au nucelle.* Ce dernier est basilaire, dressé et semble prolonger l'axe floral, mais est *très probablement de nature foliaire.*

3° La fleur mâle du *Welwitschia mirabilis* est la seule dans laquelle les quatre verticilles soient représentés, encore le verticille terminal (gynécée) y est-il stérile.

Dans la fleur femelle de cette plante et dans toutes les fleurs mâles et femelles des deux autres genres, il manque au moins l'un des quatre verticilles primordiaux.

4° Chacun des quatre verticilles, là où il est suffisamment représenté, est desservi *par un système libéro-ligneux foliaire bien caractérisé*.

5° L'*unisexualité* des fleurs des Gnétales actuelles *dérive d'un hermaphroditisme antérieur* par avortement de l'un des sexes et, ainsi que l'a fait remarquer Hooker (1), la fleur mâle (pseudo-hermaphrodite) du *W. mirabilis* est l'indice évident de cet hermaphroditisme antérieur.

6° Dans ces fleurs, les verticilles sont actuellement *distiques;* cependant le cas de la fleur femelle de l'*Ephedra*, qui est *tristique*, laisse supposer que la symétrie florale des Gnétales a pu, primitivement, être différente.

a. Dans la fleur mâle du *Welwitschia*, la seule qui possède encore ses quatre verti-

(1) J.-D. Hooker, *On Welwitschia, a new Genus of Gnetaceæ* (*Trans. Linn. Soc.*, t. XXIV, 1864).

cilles visibles extérieurement, le verticille inférieur est situé dans le plan transversal et toujours entièrement membraneux; le deuxième, dans le plan médian, est d'ordinaire également membraneux, mais peut cependant recevoir des faisceaux médians réduits. Le troisième verticille, dans le plan transversal, représente l'androcée, dont les *deux sporophylles*, chacun trilobé, portent aux sommets de leurs lobes des *sores filicinéens* triloculaires; chacun de ces sporophylles reçoit *un seul faisceau* qui se trifurque et dont les branches se rendent directement aux sores. Le quatrième verticille forme un *ovaire* bicarpellé, médian dont le stigmate semble transformé en nectaire et dont l'ovule (réduit au nucelle) est stérile; chaque carpelle *reçoit dans sa base un unique faisceau médian.*

Dans le même genre, la fleur femelle est fortement comprimée entre la bractée axillante et l'axe d'inflorescence. Elle possède encore le premier verticille transversal, ordinairement indiscernable extérieurement et seulement affirmé par la sortie de *deux faisceaux* ou *deux couples de faisceaux*, très nets quoique très petits; dans une fleur avortée, nous avons vu ce verticille représenté par *deux bractées latérales très distinctes*. Le deuxième verticille de la fleur, vraisemblablement avorté par compression, a disparu sans laisser aucune trace. Le troisième, situé dans le plan transversal, est transformé en l'appareil ailé protecteur et disséminateur du fruit; il reçoit *deux couples de faisceaux inégaux*. Le quatrième, dans le plan médian, forme l'ovaire bicarpellé habituel des Gnétales, à l'intérieur duquel se trouve le nucelle fertile; ce verticille est desservi, dans sa base, par quatre faisceaux (deux dans chaque carpelle) dichotomes vers le haut.

b. Dans la fleur mâle de l'*Ephedra*, le premier verticille avorte, le deuxième forme l'enveloppe scarieuse, le troisième est composé de deux sporophylles plus ou moins lobés au sommet (rarement simples), chaque lobe portant un *sore terminal* 2- ou parfois 3-loculaire. Ces deux sporophylles sont desservis chacun par *un faisceau* qui se divise en autant de branches qu'il existe de sores. Par atrophie précoce du sommet végétatif de la fleur, le quatrième verticille a disparu et les deux sporophylles sous-jacents sont plus ou moins longuement coalescents en une colonne sorifère terminale qui *semble prolonger* l'axe de la fleur.

La fleur femelle de l'*Ephedra* est trimère (sauf peut-être dans quelques cas), mais les feuilles du côté extérieur, situées vis-à-vis la bractée axillante, sont *plus ou moins réduites*. Dans cette fleur, les deux verticilles inférieurs de la fleur type ont disparu sans laisser aucune trace. Le troisième verticille produit la coque et reçoit *trois faisceaux* dont l'extérieur presque toujours plus court *est parfois très réduit*. Le quatrième verticille forme un ovaire *tricarpellé* très mince, renfermant un nucelle nu; dans cet ovaire, le carpelle médian intérieur (le plus rapproché de l'axe du chaton) est *prédominant et se termine par un lobe stigmatique* habituellement unique. Les faisceaux correspondant aux carpelles sont très réduits et *ne se détachent pas de la cupule sous-nucellaire.*

c. Dans le genre *Gnetum*, la fleur mâle ne diffère de celle de l'*Ephedra* que parce que le deuxième verticille est parenchymateux et desservi par *deux couples de fais-*

ceaux et parce que les deux sporophylles du troisième verticille, toujours entiers, ne portent chacun qu'*un seul sporange* (sac pollinique).

Dans la fleur femelle, l'anatomie ne laisse reconnaître ni la composition, ni l'orientation des verticilles, parce que *les faisceaux y sont*, *à tous les niveaux*, *répartis sur des cercles continus*. Toutefois, les observations organogéniques de Beccari (1), qui montrent l'enveloppe externe et l'enveloppe interne nettement *bifides* et non moins nettement *superposées*, permettent d'affirmer, d'une part, que les verticilles sont ici encore formés de *deux feuilles*, d'autre part, que les trois enveloppes représentent les deuxième, troisième et quatrième verticilles. Ainsi donc, le premier verticille seul ferait défaut (on sait que, dans les fleurs des épis pseudo-androgynes, le troisième ne se développe pas non plus). Le deuxième et le troisième produisent l'enveloppe charnue et la coque. L'ovaire constitué par le quatrième rappelle celui des deux genres précédents. Contrairement à ce qui a été écrit par tous les anatomistes, l'ovaire est, comme les verticilles sous-jacents, *desservi par un cercle de faisceaux* bien caractérisés et qui parfois même pénètrent *dans la base de sa lame libre;* il est vrai cependant que le plus souvent ces faisceaux s'éteignent avant d'atteindre cette base.

Pour conclure, nous dirons donc que les fleurs des Gnétales sont *angiospermiques*, mais que loin d'être, comme l'ont admis la plupart des botanistes, des organes en voie d'extension, ce sont au contraire des organes *en voie de réduction*.

Les Gnétales sont donc nettement des Angiospermes et, en raison des nombreux caractères gymnospermiques qu'elles retiennent encore, nous ajouterons que ce sont des *Angiospermes primitives*. Toutefois, comme l'ont déjà remarqué Arber et Parkin (2), l'intensité du groupement de leurs fleurs et l'extrême réduction des fructifications, ainsi que leur retour à l'unisexualité, ne permettent pas d'admettre qu'elles soient sur la ligne de descendance *directe* des Angiospermes. A ce point de vue, elles rappellent beaucoup les Apétales, et particulièrement les Amentales, dont elles ont presque l'organisation florale.

Nous pensons donc que les Gnétales forment, dans l'Angiospermie, *un groupe à part à côté des Amentales* et que, comme celles-ci, *elles appartiennent à une branche latérale née sur la base du tronc angiospermique.* Peut-être même est-ce de la base de cette branche gnétaléenne que s'est détachée la branche amentaléenne?

---

(1) O. Beccari, *Della organogenia dei fiori feminei del* Gnetum Gnemon *L.* (*Nuov. Giorn. bot. ital.*, t. IX, 1877, p. 91).

(2) N. Arber and J. Parkin, *The relationship of the Angiosperms to the Gnetales* (*Ann. Bot.*, t. XXII, 1908).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action sur les plantes vertes de quelques substances extraites du goudron de houille et employées en agriculture.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 21 novembre 1910), j'ai expliqué l'action physiologique des vapeurs de goudron sur les plantes vertes. Des actions analogues sont produites sur ces mêmes plantes par un certain nombre de substances dérivées du goudron de houille et qu'on utilise dans la pratique horticole et agricole.

Depuis un certain nombre d'années, on trouve dans le commerce des produits désignés sous le nom de *carbonyle*, *huile verte*, *carbolineum*, *carbonéine*, etc.

Ce sont des mélanges liquides de produits dérivés, par distillation, du goudron de houille ne répondant, la plupart du temps, à aucune formule uniforme. Chaque usine possède ses formules variées et souvent les mixtures se font sans préoccupation préalable de dosage. Toutes ces substances contiennent de la créosote; leur odeur seule suffirait à s'en rendre compte. Elles jouissent de propriétés insecticides et antiseptiques très efficaces et sont employées à de nombreux usages : imprégnation des bois, des échalas de vigne; badigeonnage des planches des coffres pour cultures sur couche, des troncs d'arbres fruitiers envahis par les mousses et les lichens. Pures ou émulsionnées dans l'eau, l'eau de chaux, le carbonate de soude, on les emploie en pulvérisations contre les insectes nuisibles aux plantes cultivées.

Depuis longtemps, on a signalé l'influence très nocive qu'exercent sur les plantes vertes ces substances très volatiles, soit par leurs vapeurs, soit par leur contact (voir, par exemple, le *Journal d'Agriculture pratique*, t. XIV, 1907, p. 454, 518, 531, 550).

Dans une enceinte limitée, où l'air peut se charger facilement d'une proportion suffisante de vapeurs de ces substances, les bourgeons, les feuilles, les fleurs sont rapidement atteints plus ou moins profondément et même tués. L'emploi de ces substances est dangereux dans les serres et les coffres sous châssis.

Les pieux, les échalas imprégnés ont été souvent néfastes aux racines des plantes et aux bourgeons. Il a été recommandé de n'utiliser les bois ainsi imprégnés qu'après les avoir abandonnés, au préalable, à un long séjour à l'air libre. L'émission de vapeurs nocives par des bois imprégnés est souvent de longue durée. Cette année même, j'ai été témoin du fait suivant : dans

une grande serre du Jardin des Plantes de Grenoble, on avait introduit, pour un certain usage, quelques planches passées depuis assez longtemps au carbonyle; on avait même oublié leur présence dans la serre, lorsqu'on constata, sur de très nombreuses plantes, la chute des bourgeons, le flétrissement des feuilles, la décoloration des fleurs. On put sauver le reste en écartant la cause du mal.

Les effets produits par ces substances sur les plantes entrent, comme ceux du goudron, dans le mode d'action que j'ai décrit pour les vapeurs en général et plus particulièrement pour les vapeurs des substances organiques. Les vapeurs produisent dans la cellule verte des phénomènes de *noircissement* et de *dégagement* consécutifs à la mort plasmolytique de la cellule. Avant que ces phénomènes deviennent apparents, alors que la cellule est encore bien verte, la fonction chlorophyllienne y est suspendue : elle est *anesthésiée*, au sens végétal du mot (*Comptes rendus*, 12 juillet 1909, 16 août 1910, 21 novembre 1910 et *Bibliographie* citée).

Ces substances contiennent beaucoup de créosote et, par suite, la plupart des phénols qui se trouvent dans le goudron, principalement le phénol ordinaire et les crésols. On peut donc pressentir que l'effet de ces substances sera celui des phénols J'ai montré que relativement peu de phénols provoquent à la fois noircissement et dégagement; si l'on prend, par exemple, les plantes à acide cyanhydrique comme termes de comparaison, la plupart des phénols noircissent la feuille du laurier-cerise sans dégagement de CAzH.

Le phénol ordinaire donne du noircissement, de même que le mélacrésol et le paracrésol; l'orthocrésol donne une coloration brun clair accompagnée d'un dégagement très rapide.

Des expériences en tubes ou sous cloches montrent que les vapeurs de carbonyle et de carbolineum provoquent le noircissement des feuilles en général. Avec le laurier-cerise, il y a noircissement sans dégagement de CAzH. La créosote pure agit absolument de même, mais plus lentement.

Ces substances agissent aussi, d'une manière énergique, par contact. Des gouttes de carbonyle sur des feuilles vertes noircissent instantanément aux points de contact, et le noircissement se propage peu à peu dans les tissus environnants. Une feuille atteinte par des gouttes de carbonyle est rapidement tuée. Cet été, au Jardin des Plantes de Grenoble, une palissade en bois a été passée, sur place, au carbonyle; toutes les feuilles et même des plantes entières du voisinage, atteintes par les gouttes tombées du pinceau,

ont été tuées en quelques heures. L'action du contact est plus violente que celle des vapeurs directes, mais elle est due encore à la diffusion des vapeurs de la surface enduite à travers les cellules.

Cette Note n'a donc pas pour but de signaler les effets nocifs de ces substances, connus déjà, mais seulement d'en expliquer le mécanisme après les avoir constatés à nouveau, et d'appuyer la recommandation déjà faite de n'user de ces produits commerciaux qu'avec la plus grande prudence.

CRYPTOGAMIE. — *Sur quelques Plasmodiophoracées non hypertrophiantes*. Note de MM. **René Maire** et **Adrien Tison**, présentée par M. Guignard.

Au printemps de 1910 nous avons remarqué, dans les cellules de l'assise absorbante et du parenchyme cortical des racines de *Veronica arvensis*, des masses plasmiques uni- puis plurinucléées se transformant en amas de spores. L'étude cytologique que nous avons faite de ce parasite nous a permis d'y retrouver les caractères des Plasmodiophoracées. Au même moment, nous avons eu connaissance d'une Note de Schwartz, décrivant, sous le nom de *Sorosphæra Junci*, un organisme analogue, observé dans les racines des *Juncus bufonius*, *obtusiflorus*, *lamprocarpus*. Nous avons nous-mêmes retrouvé depuis une autre Plasmodiophoracée du même type dans les racines de *Callitriche stagnalis*.

Ces Plasmodiophoracées forment un groupe particulier, qu'on ne peut rattacher à aucun des genres décrits jusqu'à présent, pas même au genre *Sorosphæra*, auquel Schwartz a cru pouvoir rapporter le parasite des racines des *Juncus*. Ce groupe, caractérisé surtout par la réduction extrême de la schizogonie et l'absence d'action hypertrophiante, constitue un genre nouveau que nous nommons *Ligniera*. Voici une brève diagnose de ce genre et des trois espèces qu'il renferme jusqu'ici.

Ligniera, genus novum Plasmodiophoracearum. — In cellulis hospitis immutatis parasitans, nec tumores gignens; schizogonia reducta; sporæ in acervulos variiformes conjunctæ.

L. radicalis sp. nov. — Sporis levibus, 4-5 μ diam., in acervulos rarius cavos conjunctis. — Hab. in *Callitriche stagnali*.

L. Junci (Schwartz). — Sporis levibus, 5-7 μ, in acervulos sæpius cavos conjunctis. — Hab. in *Juncis*.

L. verrucosa, n. sp. — Sporis crasse verrucosis, 4-5 μ diam., in acervulos plenos conjunctis.

Le *L. radicalis*, qu'on peut considérer comme l'espèce type, vit dans les cellules de l'assise absorbante et des assises superficielles du parenchyme cortical des racines de *Callitriche stagnalis*. L'infection se fait de très bonne heure, à peu de distance du point végétatif.

On trouve dans des cellules encore embryonnaires des myxamibes uninucléées, qui deviennent très rapidement plurinucléées. La présence du parasite ne modifie pas sensiblement la cellule, qui continue à croître comme ses voisines, sans atrophie comme sans hypertrophie.

On trouve à côté du parasite le noyau de la cellule hôtesse, non ou à peine modifié. Le parasite reste cantonné dans la cellule infectée, dont il ne provoque pas la division, comme le font les *Plasmodiophora*, *Sorosphæra* et *Tetramyxa*. Il ne présente pas de schizogonie, ou bien celle-ci se réduit à la formation de deux ou trois myxamibes dans l'intérieur de la cellule infectée. La phase schizogonique étant très réduite et le parasite fort dispersé sur son hôte, il est assez difficile de trouver les mitoses de cette phase.

Nous avons, cependant, réussi à constater qu'elles sont du type cruciforme particulier aux Plasmodiophoracées ; ce sont des promitoses au sens de Chatton. Les myxamibes sont, à l'occasion, capables d'englober des corps solides ; nous avons, en effet, observé dans certains cas des myxamibes ayant ingéré des algues qui s'étaient développées avec elles dans la cellule hôtesse. Les myxamibes sont arrondies, leur protoplasma est très granuleux et leurs noyaux, souvent visibles sur le vivant, ont toute leur chromatine condensée en un karyosome assez gros.

La phase sporogonique débute de très bonne heure ; on voit parfois des myxamibes binucléées présenter des divisions sporogoniques. La phase sporogonique, ordinairement précédée par une extension de la myxamibe, dont les limites deviennent indistinctes, débute par un stade chromidial pendant lequel les noyaux ne sont plus colorables. Les noyaux reconstituent ensuite des filaments chromatiques et subissent les deux mitoses sporogoniques, qui présentent à peu près les mêmes caractères que chez les autres Plasmodiophoracées. Avant la première mitose, il y a ordinairement séparation plus ou moins complète de chaque énergide, de sorte qu'après la deuxième mitose les jeunes spores se trouvent groupées en tétrades. Mais, au lieu de garder cette disposition comme dans les *Tetramyxa*, les spores s'agrègent en balles plus ou moins régulières, qui souvent remplissent complètement la cellule hôtesse, dont le noyau finit par disparaître après avoir dégénéré par pycnose. On trouve dans les cellules hôtesses une ou plusieurs balles de spores suivant qu'elle contenait une ou plusieurs myxamibes ; de plus, il arrive parfois, mais très rarement, qu'une ou deux tétrades restent isolées au moment de la formation des balles.

Les balles sont pleines ou creuses, aplaties ou cylindriques, arrondies ou allongées, suivant leur taille et les conditions dans lesquelles elles se sont développées.

La spore est uninucléée à tout âge ; elle s'entoure rapidement d'une membrane lisse, un peu épaissie, hyaline ou à la fin très légèrement brunâtre. La spore mûre contient un ou plusieurs granules colorables en brun par l'iode, comme celle des autres Plasmodiophoracées.

Les spores paraissent avoir fréquemment une germination précoce, car on trouve fréquemment dans de jeunes racines des balles de spores vides ; mais nous n'avons malheureusement jamais pu observer jusqu'à présent cette germination.

Le *L. Junci* présente, d'après les recherches de Schwartz, un développement assez semblable. Toutefois, les jeunes spores ne paraissent pas être aussi nettement groupées en tétrades, et les spores adultes sont plus grosses que celles du *L. radicalis*.

Le *L. verrucosa* se distingue facilement des deux précédents par ses spores verruqueuses. Son développement est presque identique à celui des deux autres espèces. Il forme parfois ses spores dans des poils radicaux : elles sont alors disposées en files et plus ou moins libres.

Nous avons observé sur les racines de *Poa annua* un parasite qui présente absolument l'aspect d'un *Ligniera* par ses myxamibes donnant des balles de spores dans des cellules non modifiées. Ce parasite paraît être très voisin du *L. Junci*, s'il ne lui est pas identique; mais, n'ayant pu observer les mitoses et le mode de formation des spores, nous ne pouvons le ranger avec certitude dans les Plasmodiophoracées.

Affinités des Ligniera. — Les *Ligniera* rappellent beaucoup le *Rhizomyxa hypogæa* Borzi, qui est également un parasite non hypertrophiant des racines de diverses plantes. Ce *Rhizomyxa*, dans le sens où le comprenait Borzi, paraît bien être un complexe de divers organismes confondus les uns avec les autres, et certainement les *Ligniera* étaient englobés dans ce complexe. Une des figures de Borzi paraît représenter le *L. verrucosa;* d'autres rappellent beaucoup le *L. Junci* et le *L. radicalis*. Toutefois, le véritable *R. hypogæa*, dans le sens restreint que lui attribue A. Fischer, est caractérisé par la présence de zoosporocystes à parois minces, donnant naissance à plusieurs zoospores, zoosporocystes qui manquent chez les *Ligniera*. Les *Ligniera* ressemblent aussi au *Woronina polycystis*, dont les balles de spores rappellent celles du *L. verrucosa*. Il est fort possible que les *Ligniera* se soient formés aux dépens d'organismes voisins des *Woronina*, par disparition des zoosporocystes. L'origine des Plasmodiophoracées devrait alors être recherchée dans les Chytridiales.

ANTHROPOLOGIE. — *Analyse et comparaisons sexuelles de quelques grandeurs du crâne et de la face chez les Tsiganes.* Note de M. **Eugène Pittard**, présentée par M. A. Laveran.

Dans une Note précédente [1] nous avons apporté les résultats d'une première analyse des diverses grandeurs du corps chez les Tsiganes. Il

---

(1) Eugène Pittard, *Analyse de quelques grandeurs du corps de l'homme et de la femme chez les Tsiganes* (*Comptes rendus*, 23 octobre 1905).

s'agissait alors des principaux segments composant la taille totale, et de quelques grandeurs verticales de la tête. Aujourd'hui nous ajoutons à ces dernières les dimensions principales du crâne et de la face, considérées, en majeure partie, dans leur développement transversal, ces grandeurs étant comparées dans les deux sexes.

Notre série se compose toujours de 780 Tsiganes masculins et de 430 femmes du même groupe ethnique.

Nous avions jusqu'alors effectué nos comparaisons par rapport à la taille totale. Aujourd'hui nous ajoutons à ces premiers résultats des comparaisons par rapport au buste.

Les conclusions de nos recherches peuvent se résumer de la manière suivante, en rappelant, au préalable, l'intérêt qui s'attache à cette population dont l'origine exacte est encore inconnue.

Par rapport à la taille totale et par rapport à la grandeur du buste :

Le crâne masculin est moins développé dans le sens horizontal et dans le sens transversal que le crâne féminin; mais il est plus développé dans le sens vertical.

La largeur du front est aussi moins développée chez les hommes. Le visage des hommes est plus long, absolument et relativement, que celui des femmes. Il est plus long, non pas seulement dans sa hauteur totale, mais dans chacun des segments qui le composent : régions ophryaque, ophryo-nasale, ophryo-alvéolaire, naso-alvéolaire, alvéolo-mentonnière; mais ces diverses régions présentent, dans leurs rapports de grandeur, de notables différences sexuelles. C'est le segment alvéolo-mentonnier qui est le moins développé, relativement, chez les femmes, et c'est, chez le même groupe sexuel, le segment naso-alvéolaire, puis le segment ophryo-alvéolaire qui, par leur développement, se rapprochent le plus de ceux des hommes.

Si le visage masculin est plus long, il est relativement moins large que celui des femmes, dans sa région bijugale (si l'homme = 100, la femme = 101,2). Il est presque exactement de même largeur relative dans sa partie bizygomatique (sauf par rapport au buste; dans ce cas-là l'homme a le diamètre bizygomatique plus grand que celui de la femme).

Les deux dimensions du nez (diamètre naso-spinal et largeur des narines) augmentent d'une manière absolue au fur et à mesure que s'accroît la taille, et cela dans les deux sexes; mais ces deux dimensions absolues sont, à taille égale, plus grandes chez les hommes que chez les femmes.

Au fur et à mesure de l'augmentation de la taille, les deux dimensions relatives du nez diminuent. Elles diminuent relativement plus chez la femme que chez l'homme.

Les femmes ont donc un nez absolument et relativement plus petit que celui des hommes.

La longueur de l'ouverture palpébrale est plus grande chez les femmes que chez les hommes. Les grands yeux des femmes tsiganes ne sont pas une apparence.

La longueur de l'oreille et la largeur de cet organe sont relativement plus grandes chez les femmes. Mais ces deux diamètres présentent de fortes variations individuelles qui sont assez considérables pour retentir jusque dans des groupes numériquement très importants.

Par contre, la bouche est plus petite chez la femme que chez l'homme.

En résumé, on peut conclure des nombreuses mensurations comparées, que la femme tsigane possède relativement (1) :

Un crâne plus développé dans le sens sagittal, un front plus large, une face également plus large, une oreille plus grande, des yeux plus largement fendus que l'homme;

Mais elle a le crâne moins développé dans le sens vertical, la face et le nez moins longs; la bouche plus petite que l'homme.

Les constatations ci-dessus sont à rapprocher de celles du même ordre, obtenues sur d'autres groupes humains.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques animaux parasites ou commensaux des Madréporaires du genre* Galaxea (*Oken*). Note (2) de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les *Galaxea*, avec leurs grands calices faisant saillie au-dessus de l'abondant cœnenchyme qui les sépare les uns des autres, sont envahis par des commensaux et par des parasites variés.

Souvent, leur masse est creusée en tous sens par divers animaux perceurs et en particulier par des Annélides polychètes et par des Géphyriens. Chez certains exemplaires de *Galaxea Ellisi* M.-Edw. et H., que j'ai recueillis en 1904 dans la baie de Tadjourah (golfe d'Aden), une grande partie de la surface libre de la colonie se montre criblée de petits tubes de Sabelliens localisés dans le cœnenchyme qu'ils traversent de part en part. Les polypes restés indemnes n'ont aucunement souffert de la présence des commensaux en question. Il n'en est pas toujours ainsi; il arrive, en effet, qu'en certains

(1) Pour les autres régions du corps, voir la Note du 23 octobre 1905.

(2) Présentée dans la séance du 16 janvier 1911.

points, les colonies sont absolument ravagées par les organismes perforants; il se fait alors, autour des régions nécrosées, une prolifération qui aboutit à la production d'un grand nombre de nouveaux calices; il en résulte des déformations plus ou moins considérables de la surface.

Les parasites les plus abondants sur les colonies de *Galaxea* sont les Cirripèdes du genre *Pyrgoma* qui infestent d'ailleurs nombre d'autres Madréporaires. Presque toujours ces Crustacés se fixent sur les calices; mais ils peuvent aussi vivre en dehors de ceux-ci. Dans l'un des exemplaires de *Galaxea fascicularis* L. que j'ai rapportés de Djibouti, ce dernier cas s'observe deux fois.

Deux *Pyrgoma* s'étaient attachés respectivement aux côtés de deux calices auxquels ils s'étaient soudés; les septes de ces calices avaient les caractères normaux. Les polypes correspondants ne paraissaient pas avoir pâti du voisinage des Crustacés. Ces cas sont toutefois exceptionnels; d'ordinaire, les *Pyrgoma* évoluent au sommet des calices des *Galaxea*. La muraille des calices au sommet desquels vivent les *Pyrgoma* est sillonnée par de fines stries longitudinales beaucoup moins saillantes que dans les calices normaux. A l'intérieur, fréquemment, on ne trouve pas trace de septes, même dans la région basilaire, ce qui indique que la fixation du parasite s'est faite de très bonne heure. La profondeur de la cavité située au-dessous du parasite est égale à la hauteur du calice au-dessus de la surface du cœnenchyme; tandis que dans les calices habités par les polypes constructeurs de la colonie, la profondeur ne dépasse pas 4^{mm} à 5^{mm}, par suite des travées qui unissent les principaux septes à cette distance du sommet de la muraille. Sur la couronne calcaire tronconique coupée obliquement qui enveloppe le Cirripède, on voit fréquemment des groupes rayonnants de lames redressées correspondant à des ébauches de calice. Le parasite a arrêté ou empêché l'évolution d'un polype; néanmoins, la muraille s'est élevée au même niveau que celle des calices restés indemnes. Les calices avortés, surmontés par des *Pyrgoma* et dans lesquels le système septal manque entièrement, ne sont pas rares dans certains spécimens de *Galaxea;* les pièces calcaires du parasite portent souvent plusieurs (jusqu'à quatre) calices en voie de formation.

Dans un autre spécimen de la même espèce, se voit aussi un cas de parasitisme assez curieux.

Une jeune *Chama* s'est fixée sur un calice de formation récente. La muraille s'est élevée sans le polype qui a dû succomber presque au début de son évolution, quand le Lamellibranche est venu s'échouer sur lui; elle s'est considérablement déformée en se

moulant sur les deux valves épaisses du Mollusque. Sur cette muraille bosselée, il s'est édifié peu à peu sept nouveaux calices : la colonie compense ainsi largement la perte causée par l'action destructive du Bivalve.

Malgré les espaces relativement considérables qui séparent parfois les calices les uns des autres chez les *Galaxea*, ces Madréporaires réparent avec une étonnante facilité les dommages causés à leur surface. Sur l'un des exemplaires de *Galaxea fascicularis* L. dont il est question plus haut, des débris de coquilles et des fragments de polypiers morts sont tombés en plusieurs endroits ; ils ont été recouverts par les polypes voisins et, sur la lame vivante ainsi constituée, de nouveaux polypes ont été bourgeonnés, à la place de ceux qui ont été lésés par les corps étrangers. Le bourgeonnement, dans les plages nécrosées par une cause ou par une autre, se fait, dans certains cas, avec une surprenante activité. Sur l'une d'elles, dans la même colonie, un polype resté vivant parmi d'autres, tous morts, autour de lui, a bourgeonné sensiblement au même niveau toute une couronne de nouveaux polypes de remplacement. De même, tous les polypes entourant l'aire morte ont proliféré abondamment sur leur face tournée vers la partie détruite, pour combler le vide laissé par celle-ci.

Ces faits de réparation ne sont, du reste, pas particuliers aux *Galaxea*. Grâce à cette sorte de solidarité qui semble exister entre les polypes d'une même colonie de Madréporaires, grâce aussi à l'intensité du bourgeonnement chez eux, il n'est pas d'animaux qui s'accommodent aussi bien qu'eux des commensaux et des parasites qui, parfois, s'abattent sur eux en nuées, des couches superficielles de la mer ; il vrai que le gîte offert aux intrus se transforme souvent pour eux en un tombeau.

ZOOLOGIE. — *Morphologie et structure histologique de l'appareil digestif des larves des Lépidoptères.* Note de M. **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'*appareil digestif* des Chenilles des Lépidoptères est très simple, très uniforme quant à la morphologie et à la disposition générale de ses diverses parties, et l'on ne constate, d'une famille à l'autre, que des variations de détail. C'est un tube droit, qui comprend trois parties, très caractéristiques et d'inégale importance : l'*intestin antérieur*, l'*intestin moyen* et l'*intestin terminal*.

Le premier est court et généralement cylindrique. Il est constitué par un *pharynx* et un *œsophage*. L'œsophage ne se continue pas directement du

côté interne, avec les parois de l'intestin moyen, mais se prolonge, dans l'axe de ce dernier, en forme de tube très court ou de manchon évasé, constituant la valvule œsophagienne. Nous avons décrit, en 1894, une disposition analogue chez les Hyménoptères (1).

L'*intestin moyen* de la plupart des larves de Lépidoptères est large, tubuleux et occupe la presque totalité de la région médiane du corps. Son extrémité antérieure est marquée par la présence de tubercules coniques ou hémisphériques, disposés circulairement et de nature glandulaire. Le reste de l'organe, dans beaucoup d'espèces, est marqué par la présence de *quatre* dépressions longitudinales : une dorsale, une ventrale et deux latérales. Les dépressions dorsale et ventrale sont les plus accusées; la dorsale surtout est très apparente. Extérieurement, l'intestin moyen d'un grand nombre de Chenilles est parcouru par des sillons circulaires, séparés par des bourrelets parallèles et constitués par de gros faisceaux de muscles annulaires. Ces divers faisceaux s'atténuent aux quatre dépressions antéropostérieures en passant sous les muscles longitudinaux.

Un sillon transversal postérieur sépare l'intestin moyen de l'*intestin terminal*. Ce dernier est tantôt cylindrique, tantôt, au contraire, il présente, sur son trajet, deux dilatations ou ampoules ovoïdes. C'est à son origine que viennent déboucher les *tubes de Malpighi*. Ces derniers sont partout, chez les Chenilles de Papillons, au nombre de *six* (sauf chez les *Carpocapsa*, où il n'y en a que *quatre*), disposés par groupes de *trois*, de chaque côté de la partie initiale de l'intestin postérieur. Les deux canaux collecteurs latéraux, qui partent des deux vésicules urinaires, ont leurs orifices terminaux opposés et situés aux extrémités d'un même diamètre. Chez la plupart des Chenilles de Papillons, les vaisseaux malpighiens sont irréguliers et variqueux, rarement cylindriques; parfois on rencontre, chez la même espèce, les deux dispositions : la première partie du canal est à peu près régulièrement tubuleuse, tandis que le reste de l'organe est moniliforme.

Nous avons également étudié, *au point de vue histologique*, les diverses parties de l'appareil digestif des larves des Lépidoptères. Nos recherches sur les Chenilles d'*Io Irene* Boisduval, d'*Arctia caja* L., d'*Acherontia atropos* L., de *Sphinx convolvuli* L., de *Pleretes matronula* L., de *Carpocapsa pomonella* Fr., peuvent être considérées comme générales et s'appliquer à l'ordre tout entier.

---

(1) L. Bordas, *Appareil glandulaire des Hyménoptères* (Thèse de Doctorat ès sciences, 1894).

Le *pharynx* et l'*œsophage* présentent à peu près la même structure. En partant de l'extérieur, on trouve successivement les assises suivantes :

1° Une épaisse couche musculaire annulaire; 2° quelques faisceaux longitudinaux, peu abondants et surtout localisés à la base des replis que forme l'épithélium interne; 3° une mince lamelle conjonctive, membrane basilaire ou *propria*, qui sert de support à l'assise cellulaire chitinogène; 4° l'épithélium chitinogène, homologue à l'hypoderme du tégument externe et composé d'une seule assise de cellules. Il est caractérisé par ses nombreux replis qui donnent à la lumière de l'organe une forme irrégulière et sinueuse. Les cellules sont aplaties, à parois latérales peu apparentes et à contenu protoplasmique, granuleux extérieurement et légèrement strié du côté interne. Les noyaux sont volumineux.

5° Enfin vient, du côté interne, la cuticule ou *intima* chitineuse, très plissée et d'épaisseur variable. C'est au sommet des replis qu'elle atteint son maximum d'épaisseur, tandis qu'elle est beaucoup plus mince et à parois parallèles au fond des dépressions. Le sommet de ces replis porte généralement des denticules chitineux. On peut distinguer facilement, surtout dans la région pharyngienne, deux zones très nettes dans l'*intima :* une partie interne, hyaline, transparente, compacte et non colorable par les réactifs et une région profonde, à structure finement striée et se continuant insensiblement avec le cytoplasme sous-jacent. Elle prend, sous l'action des colorants, une teinte plus ou moins foncée. La ligne de démarcation des deux régions de l'*intima* n'est pas nettement caractérisée. Cette disposition, en assises concentriques, nous permet de considérer, dans le cas actuel, la cuticule comme le résultat de la solidification ou modification progressive du protoplasme cellulaire.

Au sujet de l'histologie de *l'intestin moyen*, nous avons successivement étudié les parties suivantes : la *membrane péritrophique*, les *bourrelets glandulaires*, le *revêtement ciliaire*, *l'épithélium intestinal* et les *cryptes génératrices*.

Il existe, à l'origine de l'*intestin moyen* de presque toutes les larves de Lépidoptères, un certain nombre de bourrelets, disposés suivant deux demi-cercles et ne présentant que deux solutions de continuité sur les lignes médio-dorsale et médio-ventrale. Ces bourrelets sont des sortes d'évaginations internes, irrégulières et en forme de doigts de gant. Leur cavité s'ouvre dans le canal alimentaire par un petit pertuis. La structure des hautes cellules qui tapissent ces cryptes si caractéristiques permettent de leur attribuer un rôle nettement sécréteur.

La *membrane péritrophique* est produite par la sécrétion d'une bande de cellules génératrices, marquant l'origine de l'intestin moyen, cellules modifiées et adaptées à des fonctions toutes spéciales.

La partie la plus importante de la paroi *intestinale moyenne* est constituée par l'épithélium. Ce dernier est formé de cellules cylindriques, allongées

et reposant sur la *membrane basale* qui les sépare de la couche musculaire annulaire. La face interne de cet épithélium est plus ou moins régulière et porte de nombreux globules d'excrétion suivant le degré d'activité physiologique de l'organe. D'autre part, on y constate aussi l'existence d'une bordure ciliée en brosse, composée par des cils longs, minces, rigides et immobiles. Entre certains replis épithéliaux, au fond des dépressions, existent des cryptes contenant de nombreux noyaux et cellules, qui sont des éléments générateurs destinés à remplacer les cellules qui ont disparu à la suite de l'acte sécrétoire. Enfin, tout à fait à l'extérieur, existent deux assises musculaires (*circulaires* et *longitudinales*) et une très mince *membrane péritonéale* enveloppant l'organe tout entier.

L'épithélium de l'*intestin terminal* est irrégulier, plissé et constitué par de larges cellules aplaties, à contours latéraux indistincts. Le tout est limité par une mince cuticule chitineuse, hyaline, transparente et portant parfois de fines denticulations.

ZOOLOGIE. — *Les parasites de la Mouche des olives en Tunisie.* Note de M. **Paul Marchal**, présentée par M. Yves Delage.

La Mouche des olives (*Dacus oleæ* Rossi) peut être considérée comme le plus grand fléau de l'oléiculture et c'est par dizaines de millions qu'on évalue les dégâts occasionnés annuellement par cet Insecte dans le bassin méditerranéen.

En raison des difficultés inhérentes aux traitements par les insecticides, lorsqu'il s'agit de cultures aussi étendues que celles de l'Olivier, l'étude des parasites vivant aux dépens du *Dacus* et capables de limiter sa propagation se présente naturellement à l'esprit comme pouvant avoir un intérêt pratique prépondérant.

En Europe cette étude a déjà été conduite assez loin, grâce aux travaux des naturalistes italiens des écoles de Berlese et de Silvestri : ils ont reconnu que les parasites européens du *Dacus* sont en quelque sorte occasionnels et polyphages, vivant notamment à l'intérieur des galles produites par les Cynipides des Chênes, ou sur des larves mineuses de divers Insectes. Aussi ne parasitent-ils guère le *Dacus* que pendant les premiers temps du cycle annuel des générations, abandonnant ensuite la Mouche des olives pour leurs hôtes préférés. C'est pour cette raison que Berlese estime qu'il n'y a guère à compter sur le secours apporté par ces parasites européens du *Dacus*;

car au lieu de se multiplier en même temps que les générations successives de la Mouche, comme c'est le cas pour les parasites attitrés des autres Insectes, ils diminueraient progressivement et à tel point qu'à la dernière génération des Mouches ils seraient complètement disparus.

C'est en se plaçant au même point de vue que Silvestri arrive à penser qu'il doit exister ailleurs qu'en Europe, dans les pays représentant la patrie primitive de l'Olivier ou se trouvant en connexion avec elle, d'autres parasites du *Dacus* étroitement adaptés à cette espèce, et susceptibles d'en réfréner la multiplication avec une efficacité plus grande que ne peuvent le faire nos parasites indigènes.

En me basant sur des considérations de cet ordre, je me suis attaché à rechercher si le *Dacus oleæ*, au point de vue de ses relations avec ses ennemis naturels, se trouvait, dans la partie septentrionale de l'Afrique, dans les mêmes conditions qu'en Europe. Mes premières observations faites sur place en Tunisie ont été continuées à Paris, grâce à une succession d'envois régulièrement espacés.

Les nombreux Hyménoptères parasites du *Dacus* que j'ai pu ainsi obtenir dans mes élevages se répartissent jusqu'à présent en trois espèces : deux Chalcidiens, l'*Eulophus pectinicornis* L. et l'*Eupelmus urozonus* Dalm., et un Braconide, l'*Opius concolor* Szepl.

Les deux premiers sont déjà connus comme parasites du *Dacus oleæ* dans l'Europe méridionale; mais le troisième, l'*Opius concolor* (¹) (*fig.* 1), est un Braconide nouveau, spécial jusqu'ici à l'Afrique du Nord, que j'ai trouvé pour la première fois à Sousse au mois d'avril dernier et qui me paraît devoir jouer un rôle important pour refréner la multiplication de la Mouche des olives.

C'est en effet le premier parasite interne du *Dacus* qui ait été signalé jusqu'ici : se multipliant toute l'année aux dépens de cet Insecte, il passe l'hiver à l'état de larve ou de nymphe dans la pupe même de la Mouche. Voici d'ailleurs quelques indications résultant de mes observations sur sa biologie.

L'*Opius concolor* s'attaque à la larve du *Dacus* se trouvant encore dans l'olive et n'ayant pas atteint tout son développement. Il passe par deux stades larvaires successifs, très différents l'un de l'autre : le premier (*fig.* 3) présente une large extrémité céphalique avec de très grands crochets mandibulaires rappelant les mêmes

(¹) Voir la note que j'ai antérieurement publiée sur cet Insecte (*Bull. Soc. entom. de France*, 13 juillet 1910, p. 243).

organes chez la larve primaire des Platygaters. La seconde forme larvaire (*fig.* 2),

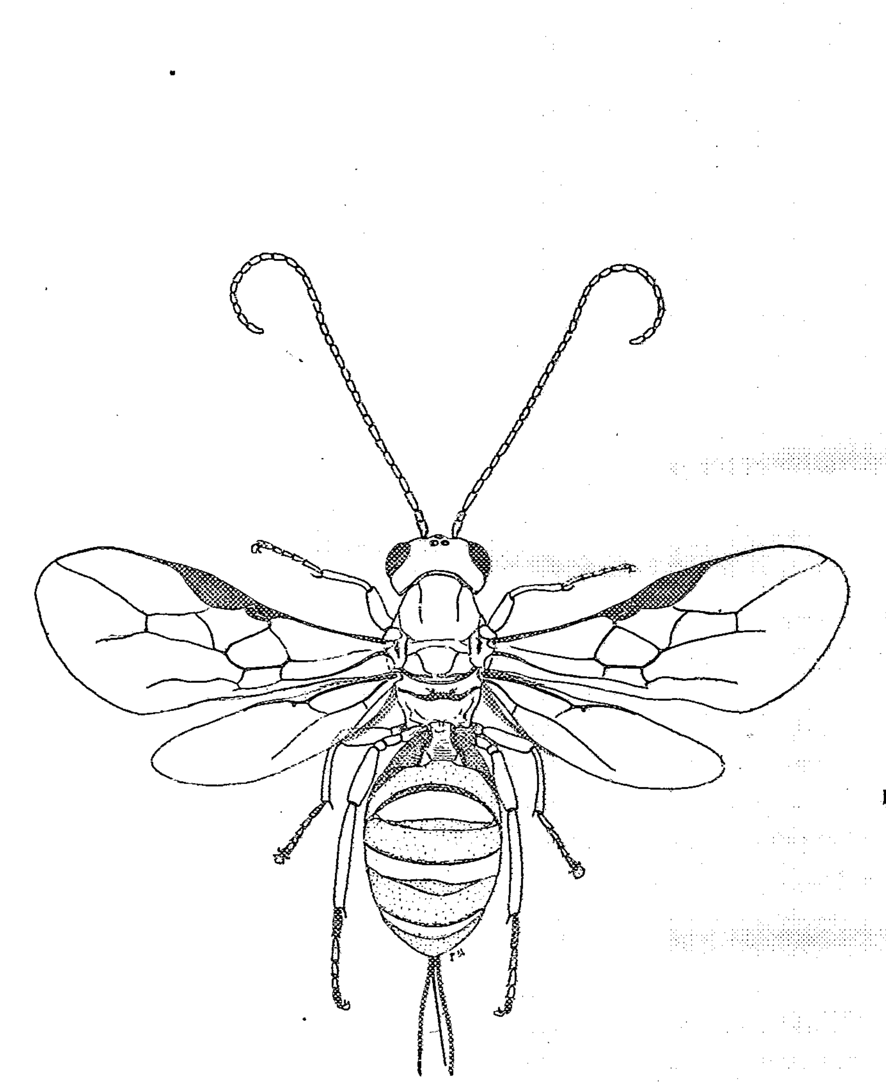


Fig. 1. — *Opius concolor*, parasite interne du *Dacus oleæ*. Gr. = 15 environ.

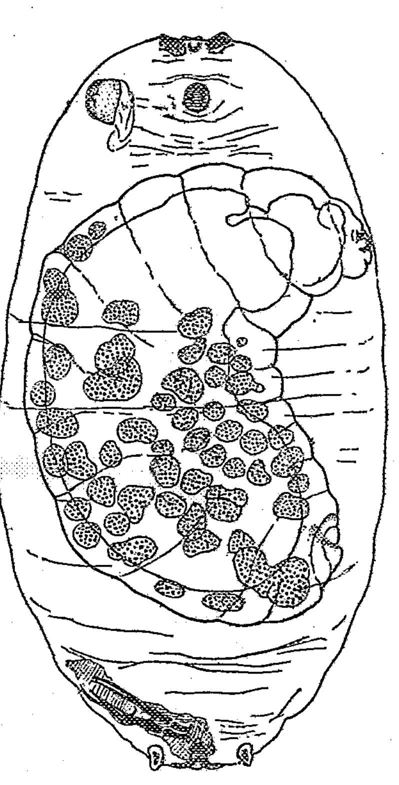


Fig. 2. — Larve secondaire de l'*Opius* à l'intérieur d'une pupe de *Dacus*, après éclaircissement par le xylol. En haut et à gauche, on voit la dépouille de la larve primaire. Gr. = 20 environ.

Fig. 3. — Dépouille correspondant à la larve primaire de l'*Opius* (partie céphalothoracique), très fortement grossie.

hérissée d'une multitude de papilles, offre la forme banale des larves d'Hyménoptères. On rencontre la première forme dans la larve du *Dacus* encore incluse dans

l'olive et n'ayant pas achevé sa croissance. La seconde se trouve dans les pupes du Diptère; à l'intérieur de ces dernières, lorsqu'elles sont parasitées par l'*Opius*, on peut observer d'une façon constante la dépouille correspondant à la première forme larvaire et caractérisée par ses grands crochets, qui gît à côté de la deuxième forme larvaire, de la nymphe, ou de l'imago du parasite, suivant l'évolution plus ou moins avancée de ce dernier (*fig.* 2).

Sur un lot de pupes de *Dacus* qui ont été récoltées à la fin de l'année dernière, dans les silos où l'on emmagasine les olives, j'ai observé une très forte proportion d'exemplaires contenant à leur intérieur la larve ou la nymphe de l'*Opius*, de telle sorte qu'on peut être certain qu'au printemps prochain tout un essaimage de ces utiles parasites s'échappera des pupes du Diptère.

Or jamais, en Europe, on ne rencontre, pendant l'hiver, la Mouche des olives associée à un parasite et les pupes qui s'entassent souvent en grand nombre dans tous les endroits où l'on a laissé séjourner des olives se transforment au printemps suivant, sans que le nombre des Mouches ait été, en aucune façon, réduit par l'intervention d'un Insecte auxiliaire. Au contraire, en Tunisie, lorsque les *Opius*, par suite de conditions locales ou de conditions climatériques annuelles qu'il resterait à préciser, se multiplient en suffisance, les foyers de multiplication du *Dacus* qui sont constitués par tous les endroits où les olives ont pu séjourner après la récolte, deviennent en même temps des foyers de dissémination pour les *Opius* : ces derniers tendent alors à rétablir l'équilibre, de telle sorte qu'une phase de grande invasion peut être suivie d'une période de rémission dans les dégâts exercés par l'espèce nuisible.

L'*Opius concolor* constitue donc un chaînon essentiel dans la série des espèces parasites qui encerclent et limitent l'extension du *Dacus*; il forme un élément indispensable pour obtenir, suivant les principes de Howard et Fiske, la séquence ininterrompue des attaques successives auxquelles il importe que l'espèce nuisible soit soumise pendant toute la durée de son cycle évolutif.

Pour la Tunisie, il importera donc, en se basant sur la biologie de cet Insecte, de le protéger et de porter la moindre atteinte possible à son expansion, toutes les fois qu'on prendra des mesures préventives ou destructives contre le *Dacus*.

Pour la France, il est tout indiqué de chercher à combler la lacune qui résulte de l'absence en Europe de ce parasite et j'ai pris les dispositions utiles pour tenter de réaliser, dans notre région méridionale, l'importation et la naturalisation de cet auxiliaire.

ANATOMIE. — *Sur les logettes aponévrotiques des muscles intercostaux et leur signification en Physiologie et en Médecine.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Edmond Perrier.

En disséquant l'espace intercostal de quelques animaux de l'espèce canine, j'ai remarqué que les muscles intercostaux étaient divisés en une multitude de faisceaux qui se trouvaient logés dans de petites niches aponévrotiques. J'ai soigneusement enlevé toutes les fibres charnues de l'espace et j'ai pu constater ainsi que les côtes débarrassées des muscles se trouvaient encore réunies par de fibres conjonctives formant des logettes. L'ensemble de la préparation présente une ressemblance frappante à un accordéon de musique. Deux côtes ainsi décharnées et réunies seulement par ces ligaments plus ou moins épais peuvent soutenir une certaine résistance à l'écartement, ce qui démontre la force de ces fibres et la solidité de leur insertion.

J'ai rencontré dans les champs de petits oiseaux (alouette, grive, etc.), disséqués naturellement par les insectes, qui avaient dévoré tout ce qui est musculaire du petit tronc de l'animal et avaient négligé les traînées connectives formant des logettes analogues en forme de X, de O, etc.

Mes dissections sur d'autres Vertébrés m'ont fait voir que les deux muscles intercostaux étaient séparés l'un de l'autre par une aponévrose uniforme, laquelle envoie des fibres d'insertion aux côtes voisines. Dans l'espace intercostal d'un Chamélidé d'Égypte, cette aponévrose était très développée et séparait nettement les deux intercostaux.

Lorsqu'on fait bouillir les côtes avec leurs muscles intrinsèques, celles du mouton, du veau, par exemple, on peut facilement énucléer la côte osseuse de son manchon aponévrotique. Ce dernier sert en réalité à l'insertion des muscles intercostaux et s'unit à l'os par les fibres de Scharpez, qu'il est facile de détruire par l'action de la chaleur prolongée.

Le muscle intercostal interne est toujours plus mince que l'intercostal externe, d'après nos dissections personnelles. Il est inexact de dire que l'artère intercostale chemine dans un dédoublement du premier de ces muscles, même partiellement (Souligoux, Poirier, etc.). C'est un dédoublement, un pli de l'aponévrose qui donne insertion à quelques fibres de l'intercostal interne et qui forme un canal pour le passage du paquet vasculo-nerveux.

Les anatomistes se sont longtemps occupés de la fonction inspiratrice ou expiratrice des muscles intercostaux. Poirier, après avoir résumé toutes les hypothèses, conclut qu'ils n'ont peut-être aucune action, étant donné que ce sont des organes de régression. Merkel pense de même; mais il semble qu'il

n'en est rien, puisque les oiseaux eux-mêmes, qui ont des pectoraux sept fois plus développés que ceux de l'homme, présentent les mêmes particularités anatomiques. Les productions conjonctives, loin d'être ici l'indice de la régression du muscle, semblent constituer, d'après la conception de Wiedersheim, une partie de squelette abritant le muscle multiplié en nombreux petits faisceaux, favorisant le passage des vaisseaux et des nerfs multiples, peut-être même isolant les petits faisceaux musculaires, comme dans les câbles, si l'on accepte la théorie électrique de la contraction musculaire. Fait capital, le mouvement respiratoire général n'est que la résultante algébrique des différents mouvements respiratoires *élémentaires*, ainsi que l'a montré l'École de Marey.

De toute façon, la respiration, qui est un des actes complexes de la vie, sera modulée, nuancée, réglementée par cet élégant accordéon naturel constitué par l'ensemble des os, des muscles et des formations conjonctives, en particulier, que cette Note avait pour but de décrire brièvement.

En Pathologie chirurgicale, les abcès ossifluents resteront limités, encerclés par des logettes aponévrotiques. Celles-ci serviront aussi de travées de conjonction dans le cas de résection costale, en s'imprégnant d'ostéoblastes et formant une cuirasse solide pour combler le vide produit par le chirurgien.

RADIOGRAPHIE. — *Nouvelle méthode permettant de constater par la Radiographie si un enfant, déclaré né mort, a vécu ou n'a réellement pas vécu.* Note [1] de M. **Ch. Vaillant**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans la séance du 4 mai 1908 [2], M. Edmond Perrier a présenté en mon nom une Note intitulée : « Nouvelle méthode permettant de constater par la radiographie si un enfant déclaré né mort a vécu ou n'a réellement pas vécu. »

Chaque fois qu'un enfant a vécu, ses organes abdominaux, estomac et intestins, sont visibles sur le cliché radiographique. Quand il n'a pas vécu, aucun organe n'est visible.

A la suite de cette Communication, deux Notes contradictoires furent adressées à l'Académie : la première, présentée le 18 mai 1908 par M. Bou-

---

(1) Présentée à la séance du 3 janvier 1911.

(2) Ch. Vaillant, *Comptes rendus*, t. 146, p. 921.

chard, au nom de M. Bouchacourt (¹); la seconde, le 1er juin 1908, par M. d'Arsonval, au nom de M. Bordas (²).

I. Dans sa Note, M. Bouchacourt essaye de démontrer que l'estomac peut être visible : 1° Chez des enfants n'ayant pas vécu, mais insufflés; 2° chez des fœtus morts depuis plus de 48 heures.

1° *Fœtus insufflés.* — Contrairement à l'opinion de l'auteur de la Note, nous présentons des radiographies de fœtus insufflés normalement, mais n'ayant pas été ranimés; les poumons seuls sont transparents du fait d'une insufflation rationnelle; pas la moindre trace de gaz dans l'estomac ni dans l'intestin; ce qui confirme pleinement nos précédentes conclusions : *Enfants n'ayant pas vécu.*

2° *Chez les fœtus morts depuis plus de 48 heures.* — L'auteur de la Note nous dit lui-même qu'ils avaient vécu puisqu'il les radiographie 48 heures après leur mort.

Nouvelles recherches exécutées pendant la période de putréfaction. — 1° *Fœtus n'ayant pas vécu.* — Aucun organe n'est visible si la radiographie est exécutée après le huitième jour en été et le quinzième en hiver; plus tard, chez les sujets conservés en frigorifique, tout le système artériel et veineux devient visible sur le cliché du fait de la putréfaction qui commence dans les organes ayant fonctionné pendant la vie intra-utérine débutant par le sac péricardique, et s'étendant vers les membres en augmentant de jour en jour.

2° *Fœtus ayant vécu.* — Radiographies exécutées pendant la période de putréfaction. Tous les organes sont visibles; si la radiographie est exécutée tardivement, le dixième jour après la mort, la seule modification constatable est une augmentation de gaz dans les organes abdominaux, enregistrée par la radiographie. Il n'y a donc aucune cause d'erreur dans l'interprétation des résultats obtenus sur les radiographies des fœtus ayant ou n'ayant pas vécu, soit qu'on opère aussitôt la mise au monde, soit qu'on opère tardivement, puisque les résultats sont encore différents dans ces deux cas.

II. Dans sa Note, M. Bordas estime que la docimasie pulmonaire hydrostatique est le seul moyen qui permet actuellement à un expert d'affirmer qu'un nouveau-né a respiré, tous les autres procédés étant sujets à un certain nombre de causes d'erreurs.

(¹) Bouchacourt, *Comptes rendus*, t. 146, p. 1019.
(²) Bordas, *Ibid.*, t. 146, p. 1170.

De l'avis de nombreux médecins légistes, il résulte : 1° que le procédé de docimasie pulmonaire hydrostatique est une méthode inexacte dans un cas (insufflation), 2° que le procédé proposé par l'auteur de la Note (radiographie pulmonaire), basé sur les mêmes données et publié dans le *Traité d'infanticide* de M. Brouardel, ne permet pas non plus de différencier un fœtus ayant vécu d'un autre n'ayant pas vécu, mais ayant été insufflé, puisque dans les deux cas les poumons sont transparents sur la radiographie et qu'ils surnageraient si l'on procédait par la méthode de docimasie pulmonaire hydrostatique.

L'auteur de la Note estime que l'épreuve du Dr Breslau (docimasie gastro-intestinale) et par conséquent la radiographie intestinale sont moins sensibles que la docimasie pulmonaire, que le procédé conseillé par M. Vaillant incite de plus les médecins experts à conclure à un infanticide sans pratiquer l'autopsie du nouveau-né, que mes recherches faites sur des cadavres entiers m'auraient donné d'autres renseignements si j'avais opéré sur les organes séparés.

C'est justement pour ne pas tomber dans les mêmes conclusions que l'auteur de la Note, conclusions que mes travaux infirmaient dès l'année 1896, que mes recherches ont été exécutées sur le cadavre complet.

III. Je laisse à d'autres le soin d'étudier et d'expliquer les faits signalés en 1908 et que je confirme après deux nouvelles années de recherches. Dès qu'un enfant a eu un cri, un seul, la radiographie enregistre ce phénomène, et c'est l'estomac qui est le premier organe perceptible, augmentant de volume et de visibilité au fur et à mesure que la vie progresse; le second organe est l'intestin, qu'on voit commencer à se déplisser, puis ce n'est que plus tardivement que la masse pulmonaire devient apparente. C'est pourquoi j'avais dit dans ma première Communication : *La radiographie de la masse pulmonaire, ne permettant d'obtenir un renseignement que très tardivement, ne devrait jamais être employée que comme complément d'investigation.* Il n'a jamais été dans mon idée de chercher à substituer la radiographie aux médecins légistes, mais il y aurait tout intérêt à ce que la méthode radiographique gastro-intestinale, procédé mécanique à l'abri des errements, devienne l'auxiliaire de la Médecine légale. En effet, elle enregistre des phénomènes que l'œil, moins sensible que la plaque photographique, ne perçoit pas, phénomènes qui peuvent passer inaperçus à l'autopsie; elle fournit des renseignements beaucoup plus précoces que les procédés anciens connus, à la condition que la radiographie soit exécutée sur le cadavre complet et non à la suite de l'autopsie sur les organes séparés.

Conclusions. — Les conclusions présentées en 1908 se trouvent donc confirmées et augmentées du fait de nouvelles recherches exécutées au sujet de la putréfaction fœtale, complément indispensable de notre premier travail représentant 14 années de recherches.

CYTOLOGIE. — *La réduction plasmatique dans la spermatogenèse de l'*Ascaris megalocephala. Note de M. **Marc Romieu**, présentée par M. Edmond Perrier.

H. Munk (¹) en 1858 observa que les spermatides de l'*Ascaris*, au moment de leur formation, expulsaient une substance visqueuse. Van Beneden et Ch. Julin (²) étudièrent avec soin ce phénomène et donnèrent à cette sécrétion le nom d'ailleurs malheureux de *cytophore*. Pour eux, cette sécrétion dériverait « des segments chromatiques du noyau ». Pour R. von Erlanger (³) au contraire le cytophore représenterait les restes du fuseau de réduction.

Tretjakoff (⁴), Marcus (⁵), A. Mayer (⁶) ont montré que le cytophore rejeté constituait ce que O. Hertwig (⁷) a appelé les *Zwischenkörperchen* et qu'il avait pris pour des cellules abordives de la lignée séminale.

J'ai pu vérifier l'exactitude de cette observation et observer moi-même d'autres faits du même ordre, à savoir un autre phénomène d'expulsion cytoplasmique.

A un certain moment, peu après l'expulsion du cytophore, j'ai vu la carapace de sphérules réfringentes déjà grosses qui entoure la spermatide s'interrompre pour livrer passage à une expansion du cytoplasme intérieur que je propose de nommer *lobe protoplasmique*. Ce lobe, qui apparaît sous la forme d'un petit cône finement granuleux et colorable par les colorants plasmatiques, grandit peu à peu de manière à

(¹) H. Munk, *Ueber Ei- und Samenbildung und Befruchtung bei den Nematoden* (*Zeitschr. wiss. Zool.*, t. IX, 1858).

(²) Van Beneden et Ch. Julin, *La spermatogenèse chez l'Ascaride megalocéphale* (*Bull. Acad. Belgique*, 3ᵉ série, t. VII, 1884).

(³) R. von Erlanger, *Beiträge zur Kenntnis der Struktur des Protoplasmas, etc.* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. XLIX, 1897).

(⁴) D. Tretjakoff, *Die Spermatogenese bei Ascaris megalocephala* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. LXV, 1905).

(⁵) H. Marcus, *Ei- und Samenreife bei Ascaris canis* (*Arch. f. Mikr. Anat.*, t. LXVIII, 1906).

(⁶) A. Mayer, *Zur Kenntnis der Samenbildung bei Ascaris megalocephala* (*Zoolog. Jahrb.*, t. XXV, 3, 1908).

(⁷) O. Hertwig, *Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden* (*Arch. f. Mikr. Anat.*, t. XXXVI, 1890).

atteindre un volume assez considérable qui est parfois le double de celui du corps de la spermatide. Cette formation a été probablement aperçue par divers auteurs comme Tretjakoff (*loc. cit.*), Scheben [1] chez *Ascaris megalocephala;* Marcus (*loc. cit.*) chez *Ascaris canis;* ils l'ont interprétée de façon diverse, mais aucun à mon sens n'en a compris la véritable signification. Il ne s'agit point là comme ils l'ont cru de l'ébauche de telle ou telle partie du spermatozoïde, mais bien d'un phénomène d'expulsion de substance cytoplasmique. J'ai trouvé en effet entre les spermatides plus avancées en développement, des corps protoplasmiques plus ou moins sphériques, dépourvus de noyau, et contenant des amas de granulations colorables par l'hématoxyline ferrique de Heidenhain et tout à fait comparables aux *tingierbare Körner* de von Ebner [2]. Ces corps résiduels, comme j'ai pu le constater, résultent de l'expulsion des lobes protoplasmiques par pédiculisation progressive.

Des phénomènes d'expulsion cytoplasmique comparables ont été décrits par Meves [3] chez le *Cobaye*, von Korff [4] chez *Phalangista*, A. et K. Schreiner [5] chez *Myxine*, Broman [6] chez *Rana*, von Ebner (*loc. cit.*), Regaud [7], Duesberg [8] chez le *Rat*, Struckmann [9] chez *Strongylus*, Vejdovsky [10] chez les *Turbellariées*, Bösenberg [11] chez les *Aranéides*, Field [12] chez les *Échinodermes*, etc.

---

(1) L. Scheben, *Beiträge zur Kenntnis der Spermatozoons von Ascaris megalocephala* (*Zeit. wiss. Zool.*, t. LXXIX, 1905).

(2) Von Ebner, *Zur Spermatogenese bei den Säugetieren* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. XXXI, 1888).

(3) F. Meves, *Ueber Struktur und Histogenese der Samenfäden des Meerschweinschens* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. LIV, 1899).

(4) Von Korff, *Zur Histogenese der Spermien von Phalangista vulpina* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. LX, 1902).

(5) K. et A. Schreiner, *Zur Spermienbildung der Myxinoiden* (*Arch. f. Zellforsch.*, I, 1908).

(6) J. Broman, *Ueber Bau und Entwicklung der Spermien von Rana fusca* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. LXX, 1907).

(7) Cl. Regaud, *Étude sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogenèse chez les Mammifères* (*Arch. d'Anat. micr.*, t. IV, 1901).

(8) J. Duesberg, *La spermiogenèse chez le Rat* (*Arch. f. Zellforsch.*, t. II, Heft 1, 1908).

(9) C. Struckmann, *Eibildung, Samenbildung und Befruchtung von Strongylus filaria* (*Zool. Jahrb.*, t. XXII, n° 3, 1905).

(10) Vejdovsky, *Zur vergl. Anatomie der Turbellarien*, II (*Zeit. wiss. Zool.*, t. LX, 1895).

(11) Bösenberg, *Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Arachnoiden* (*Zool. Jahrb. An.*, t. XXI, 1905).

(12) Field, G.-W., *On the morphology and physiology of the Echinoderm spermatozoon* (*J. Morphol.*, t. XI, 1895).

Je propose de donner à ces phénomènes le nom de *phénomènes de réduction plasmatique*, car c'est grâce à eux que la spermatide, sur le point de se transformer en spermatozoïde, se débarrasse de son excès de cytoplasme, réalisant ainsi la diminution de taille qui caractérise la spermatide par rapport au spermatozoïde mûr, en même temps que l'épuration cytoplasmique.

Il ne me semble pas possible d'admettre l'opinion de Struckmann qui pense qu'on aurait affaire à une substance nutritive épanchée, car cette masse protoplasmique reste attachée à la spermatide jusqu'à ce qu'elle soit entièrement vacuolisée et par conséquent doit être consommée par elle. Je crois au contraire qu'il s'agit d'un fait d'épuration et de réduction quantitative du plasma de la spermatide; la vacuolisation ne serait qu'un phénomène de dégénérescence et non l'indice d'une digestion.

Je pense que ces phénomènes de réduction plasmatique sont tout à fait généraux et que par une étude plus attentive on les retrouvera dans toutes les spermatogenèses. Ils permettent d'expliquer facilement la diminution de taille qui caractérise le spermatozoïde par rapport à ses cellules mères.

Dans le cas de l'*Ascaris megalocephala*, la spermatide éprouverait donc, selon moi, *deux réductions cytoplasmiques successives :* la première, représentée par l'expulsion du cytophore qui donne les *Zwischenkörperchen;* la deuxième, par l'émission de ce que j'ai nommé le *lobe protoplasmique* qui, après s'être détaché, constituerait les *corpuscules résiduels* que j'ai eu l'occasion d'observer entre les spermatides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Javillier**, présentée par M. E. Roux.

L'influence favorable exercée sur la végétation par certains éléments : manganèse, bore, zinc, etc., lorsqu'on les ajoute individuellement à l'état de traces au sol ou au milieu de culture, a été mise en évidence d'une manière certaine dans ces dernières années [1].

Nous nous sommes demandé si cette influence était cumulative; s'il était possible, en ajoutant à la fois deux ou trois de ces éléments, d'obtenir des augmentations de récolte supérieures à celles qu'on obtient par l'addition d'un seul.

Nous avons choisi comme éléments le manganèse et le zinc; comme plante, l'*Aspergillus niger* V. Tgh. Les effets du zinc sur cette moisissure sont bien

---

(1) Voir Gab. Bertrand, *C. R. Congrès int. Chim. appl. Londres*, 1909.

connus depuis les recherches de Raulin, étendues et précisées par l'un de nous (1). Ceux du manganèse le sont beaucoup moins et nous avons dû en reprendre l'étude avant d'aborder la question que nous nous étions posée. Ce sont les résultats obtenus à ce sujet que nous donnons aujourd'hui.

Au début de ses recherches sur l'alimentation minérale de l'*Aspergillus niger*, en 1863, Raulin considérait le manganèse comme un élément très utile et presque nécessaire au développement de cette moisissure. Dans la suite, il découvrit l'importance, passée d'abord tout à fait inaperçue, du fer et du zinc, et il n'obtint plus avec le manganèse que des résultats inconstants. « Faut-il en conclure, écrivit-il dans sa Thèse, que les sels de manganèse ont agi par les sels de fer ou de zinc qu'ils pouvaient contenir ou bien que le manganèse remplace le fer (ou même le zinc) physiologiquement, comme il le remplace souvent dans les réactions chimiques? » Il ajouta qu'il ne saurait se prononcer à cet égard et supprima même le manganèse de la formule définitive de son milieu de culture (2).

Gössl (3), en 1905, obtint, par addition de sulfate de manganèse à des cultures d'*Aspergillus niger* ou de *Penicillium glaucum*, des accroissements de récolte variables avec les milieux. Mais il ne se mit pas suffisamment en garde contre les causes d'erreur signalées par Raulin : il utilisa des sels purs du commerce sans ajouter s'il avait vérifié leur degré de pureté, notamment au point de vue du zinc.

En nous servant de produits purifiés avec le plus grand soin, nous avons cherché si le manganèse possède réellement une influence favorable et, dans ce cas, quelle dose de métal provoque les récoltes les plus abondantes.

L'examen minutieux des substances, même les plus pures du commerce, qui entrent dans le milieu de Raulin, nous a montré que plusieurs d'entre elles renferment des quantités appréciables de manganèse. Nous n'avons donc employé que des produits purifiés par nous. En outre, devant la difficulté d'éliminer complètement le manganèse du carbonate de magnésium et du sulfate ferreux, nous avons dû substituer à ces sels le sulfate de magnésium et le sulfate ferrico-ammonique, plus aisément purifiables. Quant au sulfate de manganèse, nous l'avons définitivement préparé à partir du bioxyde, précipité du permanganate de potassium par l'anhydride sulfureux.

---

(1) M. Javillier, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1212, et t. 146, 1908, p. 365.
(2) *Comptes rendus*, t. 57, 1863, p. 228, et *Thèse de Doctorat*, Paris, 1870.
(3) *Beih. bot. Cent.*, t. XVIII, p. 119.

Nous donnerons ici les résultats de la dernière expérience, résultats aussi concordants que possible avec ceux de six expériences antérieures.

La solution nutritive, modifiée comme nous l'avons dit et exempte de zinc, a été répartie par 100^{cm^3}, dans des flacons de $0^l,5$ en verre vert, à large ouverture. On a réservé une série de quatre flacons témoins, sans manganèse; dans les autres flacons, préparés également par séries, on a introduit des quantités de manganèse, sous forme de sulfate, allant de $0^g,0001$ à 2^g. Les cultures ont été faites à $+30°-31°$, dans une chambre thermostat. Après 5 jours, les mycéliums ont été lavés rapidement, exprimés, séchés et pesés. On y a dosé ensuite les cendres totales et le manganèse.

Manganèse introduit.	Dilutions.	Moyenne des poids secs.	Cendres.	Manganèse fixé.
mg		mg	mg	mg
0,0	témoin	610	22,7	0,0045
0,1	$\frac{1}{1000000}$	631	24,1	0,0056
0,2	$\frac{1}{500000}$	637	25,4	0,0063
1	$\frac{1}{100000}$	680	25,6	0,0091
10	$\frac{1}{10000}$	687	25,3	0,05[illegible]
100	$\frac{1}{1000}$	700	25,3	0,540
200	$\frac{1}{500}$	782	29,4	1,100
300	$\frac{1}{333}$	803	31,7	1,800
500	$\frac{1}{200}$	951	38,5	2,500
1000	$\frac{1}{100}$	982	47,0	4,250
2000	$\frac{1}{50}$	170	11,9	0,530

Ces résultats montrent que le manganèse possède réellement une influence favorable sur le développement de l'*Aspergillus:* les récoltes augmentent d'abord assez vite avec la proportion de métal ajouté, puis de plus en plus lentement; elles n'éprouvent une diminution qu'en présence de grandes quantités de manganèse. Mais, à ce moment, il faut sans doute attribuer le fléchissement de la courbe représentative du phénomène plutôt à l'action nuisible d'une pression osmotique excessive qu'à l'influence devenue nocive du manganèse.

L'attention doit surtout se porter, au point de vue de la démonstration cherchée, sur les résultats obtenus avec de très petites doses de manganèse. Dans ce cas, en effet, l'influence adventice des impuretés possibles du sel introduit devient tout à fait négligeable. D'autre part, l'augmentation du soufre apporté avec le manganèse n'entre plus en ligne de compte, car il y a déjà, dans les témoins eux-mêmes, un excès important du métalloïde disponible.

Il n'est pas sans intérêt d'observer que, malgré nos précautions, les récoltes témoins renfermaient des traces de manganèse. Ces traces devaient

provenir de l'attaque du verre; elles ont, en effet, varié avec la nature des vases, depuis un demi-millième de milligramme jusqu'à quatre millièmes et demi. Ceci donne à penser que, s'il était possible d'opérer dans des conditions où les cultures témoins soient rigoureusement exemptes de manganèse, on verrait s'abaisser encore la limite inférieure d'activité de l'élément catalytique.

On observera, enfin, que les quantités de manganèse utilisées par la moisissure sont très éloignées de celles qui lui sont offertes. Même dans le cas de très petites doses et contrairement à ce qu'on observe avec le zinc (1), l'*Aspergillus* ne fixe pas la totalité du métal.

Si l'utilisation du manganèse par les plantes supérieures a lieu de la même manière, cette observation suffit à expliquer les effets avantageux obtenus par l'addition de petites quantités de manganèse à des sols qui, cependant, en renferment déjà.

PHYSIOLOGIE. — *Étude comparée de quatre diastases digestives chez quelques espèces de Coléoptères.* Note de M. L. **Bounoure**, présentée par M. A. Dastre.

Les recherches que je poursuis sur les Coléoptères m'ont conduit à étudier comment varient en quantité et en qualité les sécrétions digestives chez un certain nombre d'Insectes de cet ordre. J'ai ainsi dosé la production de quatre diastases digestives principales dans l'intestin moyen de ces animaux; ce sont les résultats de cette étude de Physiologie comparée que je présente ici.

J'ai utilisé des animaux conservés le moins longtemps possible après leur capture, nourris au laboratoire avec les aliments qu'ils consomment le plus volontiers à l'état de liberté, et toujours régulièrement soumis, avant d'être disséqués, à un jeûne d'une durée moyenne, suffisante pour que la muqueuse intestinale ne puisse se ressentir du dernier travail digestif et pas assez longue pour que les animaux aient à souffrir des effets de l'inanition : une durée de jeûne d'un jour et demi, environ 36 heures à 40 heures, m'a paru être la plus convenable.

Le lot d'Insectes qui sert à une expérience est rapidement disséqué, sous la loupe binoculaire, dans l'eau physiologique à 7,5 pour 1000. Les intestins

(1) M. Javillier, *Loc. cit.*

moyens, débarrassés des trachées, des lambeaux de corps gras et des tubes de Malpighi, sont fendus dans leur longueur et, ainsi ouverts, rincés dans de l'eau physiologique; ils sont ensuite rassemblés pour être pesés avec soin.

On les broie alors avec du sable fin de Fontainebleau, et la bouillie ainsi obtenue est additionnée d'une solution de fluorure de sodium à 2 pour 100 à raison de 1^{cm^3} pour $0^g,05$ d'intestin. Cette préparation est mise à macérer pendant 4 heures, à l'étuve, à 30°-32°, avec un cristal de thymol. Au bout de ce temps, le liquide de macération est filtré sur papier à l'essoreuse. C'est dans cet extrait actif que sont recherchées et dosées les quatre diastases digestives suivantes :

1° Une diastase protéolytique, dissolvant la gélatine à 5 pour 100, et sans action appréciable sur l'ovalbumine coagulée;
2° Une lipase, saponifiant la monobutyrine;
3° Une amylase, saccharifiant l'empois d'amidon;
4° Une invertine, dédoublant le saccharose.

L'activité protéolytique du suc de macération d'intestin est étudiée sur des tubes de Mett de gélatine, à 5 pour 100, placés dans $2^{cm^3},5$ de suc actif, pendant 24 heures, à la température du laboratoire.

Pour le dosage de la lipase, j'ai employé la méthode classique : 10^{cm^3} d'une solution de monobutyrine à 1 pour 100 sont additionnés de 1^{cm^3} de suc actif et mis à l'étuve à 38°-40°, pendant 24 heures, au bout desquelles je dose l'acide butyrique mis en liberté au moyen d'une solution déterminée de CO^3Na^2; le nombre de gouttes de cette solution, nécessaire pour saturer l'acidité du liquide et compté avec une pipette donnant 20 gouttes au centimètre cube, mesure l'activité lipasique du suc étudié.

Enfin les diastases des hydrates de carbone sont étudiées en faisant agir pendant 24 heures, à 38°-40°, 2^{cm^3} de suc de macération d'intestin sur 10^{cm^3} d'empois fluoré d'amidon à 1 pour 100 ou 10^{cm^3} de solution fluorée de saccharose à 2 pour 100. Le dosage des sucres réducteurs est effectué par la très précise méthode de Mohr, perfectionnée par G. Bertrand. L'activité diastasique est mesurée par le nombre de milligrammes de sucre réducteur (exprimé en sucre interverti) qui est reconnu, après digestion, dans les 10^{cm^3} d'empois ou de solution de saccharose.

Les expériences dont je publie aujourd'hui les résultats ont porté sur *Dytiscus marginalis* L., *Hydrophilus piceus* L., *Geotrupes sylvaticus* Panz., *Melolontha vulgaris* Fabr., *Polyphylla fullo* L. [1]. Pour chaque espèce, j'ai

[1] Des expériences déjà en cours, sur un certain nombre d'autres espèces, seront ultérieurement publiées et viendront, comme je peux déjà l'espérer, confirmer les résultats que je présente aujourd'hui.

fait quatre ou cinq expériences qui portent environ sur 50 individus de l'espèce considérée et qui sont suffisamment concordantes entre elles pour que d'autres essais ne modifient pas sensiblement les résultats déjà acquis. Voici, à titre d'exemple, le détail des résultats obtenus avec *Dytiscus marginalis* :

	Expériences 1.	2.	3.	4.	Moyenne.
Diastase protéolytique....	13,5	10	11	13,5	12
Lipase,................	»	5	5	7	5,6
Amylase	12,54	8,74	7,69	11,05	10,00
Invertine...............	»	0,97	1,02	0	0,66

Il suffit de considérer, pour les différentes espèces étudiées, les résultats moyens, en les rassemblant dans le Tableau suivant, qui permet la comparaison :

	Dytiscus marginalis. — Régime carnivore franc.	*Hydrophilus piceus.* — Régime herbivore pas absolu.	*Geotrupes sylvaticus.* — Régime coprophage.	*Melolontha vulg.* (Régime végétarien franc.)	*Polyphylla fullo.* (Régime végétarien franc.)
Diastase protéolytique.	12	6,1	4,8	1	0
Lipase..............	5,6	10,7	6	37,2	33,5
Amylase	10	56,07	43,60	38,7	49,1
Invertine............	0,66	62,55	34,3	12,4	11,5

Du simple examen de ce Tableau il ressort :

1° Que les Dytiques, Insectes franchement carnivores, et les Mélolonthiens, Insectes franchement végétariens, occupent les deux bouts de l'échelle pour la production de diastase protéolytique : entre eux se placent les Hydrophiles, qui ne se nourrissent qu'occasionnellement et rarement de chair, et les Bousiers, qui, avec les détritus végétaux des fientes de Mammifères herbivores, absorbent une certaine proportion de résidus albuminoïdes éliminés normalement par le foie et l'intestin de ces Mammifères (produits biliaires, sécrétions intestinales, produits de desquammation, etc.);

2° Que, pour la production des diastases agissant sur les hydrates de carbone, il y a une différence considérable entre les Dytiques, d'une part, et les espèces végétariennes que nous avons étudiées;

3° Qu'en ce qui concerne la digestion des graisses, les espèces herbivores (à part les Géotrupes, dont les aliments végétaux ont déjà été soumis à un

travail de digestion) paraissent infiniment mieux douées que les Dytiques carnivores.

D'où l'on peut conclure que le régime alimentaire est un facteur qui détermine, pour une part importante, la nature et l'activité des sécrétions digestives dans l'intestin des Insectes.

GÉOLOGIE. — *Sur le Primaire de la Sierra Morena.* Note de M. GROTH, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans la région méridionale de la Meseta espagnole se trouve le bassin houiller de Belmez qui s'étend sur environ 100^{km} du Nord-Ouest au Sud-Ouest, où il atteint la vallée du Guadalquivir, à quelques kilomètres à l'est de Cordoue.

Nous n'avons eu l'occasion d'en étudier que la région nord de Peñarroya à Espiel. Il y a là une série de bassins houillers dont les couches dirigées NO-SE pendent constamment au Sud avec une inclinaison d'environ 60°. On y rencontre des conglomérats du Culm, des grès, des schistes et des couches de houille avec *Nevropteris*, *Stigmaria*, etc. Dans le bassin de Peñarroya se trouve une bande de calcaire compact à Encrines et *Productus*.

Ces bassins sont séparés par des anticlinaux formés de quartzites, schistes laminés, micaschistes et gneiss, dont le pendage varie de 45° à 85° Sud. Ce sont donc des plis déversés vers le Nord par une poussée venue du Sud, les schistes anciens se trouvant déversés au-dessus du Houiller.

Au nord des bassins houillers s'étend une région de sierras dont le sous-sol est formé de schistes souvent ardoisiers, de grès et de quartzites. Ces couches, dépourvues de fossiles, sont antérieures au Houiller.

Cet ensemble est limité au Nord par l'anticlinal gothlandien de Santa Eufemia, dont l'importance est exagérée par de nombreuses ondulations. Il constitue la bordure sud du petit bassin dévonien de Guadalmez, séparé de celui d'Almaden, situé à 15^{km} au Nord, par un anticlinal silurien.

Le bassin de Guadalmez est un synclinal régulier : sur les ampélites à *Monograptus* repose, vraisemblablement en concordance, une assise puissante de grès dont certains bancs sont couverts de pistes. C'est la base du Dévonien.

Au-dessus viennent des grès peu compacts, pétris de *Rhynchonella Stricklandi*, fossile qui, dans l'Eifel, caractérise le Coblentzien supérieur. Ces grès sont immédiatement recouverts par des calcaires avec intercalations

de bancs gréseux; la faune, assez riche, comprend le *Spirifer Verneuilli* et le *Productella Murchisoni*, fossiles caractéristiques du Dévonien supérieur.

Le Dévonien moyen n'est donc pas représenté.

Enfin l'axe du synclinal est occupé par des schistes argileux à *Cardium palmatum* et *Avicules* contenant des nodules à *Orthoceras* et à *Tornoceras simplex*. La présence de *Goniatites* dans ce Dévonien supérieur mérite d'autant plus d'être signalée qu'on n'en avait encore trouvé en Espagne que dans le Nord et dans les Baléares.

Il semble donc qu'il y ait eu un approfondissement du synclinal pendant la période dévonienne, les schistes à *Avicules* et *Goniatites* étant un dépôt de mer plus profonde que les grès de la base. En outre ce niveau supérieur a eu une assez grande extension, car nous l'avons rencontré, extrêmement peu développé il est vrai, à 40^{km} au Nord, dans le bassin dévonien de Fuenlabrada, dont toutes les autres assises diffèrent par le facies et la faune de celles du bassin de Guadalmez.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 janvier 1911 (suite).

Revista de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Madrid, t. VIII, n^{os} 11 y 12; t. IX, n^{os} 1, 2, 3 y 4. Madrid, 1910; 4 fasc. in-8°.

R. Osservatorio di Catania. *Catalogo astrofotografico* 1900, o. *Zona di Catania fra le declinazioni* + 46° *e* + 55°; t. VII, parte 1^a : *Declinazione* + 52° *a* + 54°, *ascenzione retta* 0^h à 3^h. Catane, 1910; 1 vol. in-4°.

Ergebnisse der Arbeiten der königlich preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg, im Jahre 1909; Bd. V, mit einem Titelbild, einer Textfigur und 25 Diagrammen, herausgegeben von Richard Assmann, Direktor. Brunswick, F. Vieweg et fils, 1910; 1 vol. in-4°.

Seismometrische Beobachtungen in Potsdam, in der Zeit vom 1 *Januar bis* 31 *Dezember* 1909. Berlin, 1910; 1 fasc. in-8°.

Geological literature added to the Geological Society's Library, during the year ended december 31st, 1909. Londres, 1910; 1 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Édouard Branly* pour occuper, dans la Section de Physique, la place vacante par le décès de M. *Gernez*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **E. Branly** prend place parmi ses Confrères.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les mouvements des couches atmosphériques solaires par le déplacement des raies spectrales. Dissymétrie et particularités du phénomène.* Note de M. **H. Deslandres**.

La recherche des mouvements par le déplacement des raies spectrales, basée sur le principe de Doppler-Fizeau, a été appliquée d'abord au mouvement le plus important des vapeurs solaires, c'est-à-dire à leur mouvement de rotation. Le travail classique de Duner avec deux raies rouges du fer (1889) a ouvert la voie dans cette direction : les spectres des deux bords équatoriaux est et ouest sont comparés plus ou moins directement ; et leur déplacement relatif donne la vitesse linéaire de rotation en kilomètres par seconde.

La même recherche est ensuite poursuivie et étendue largement par Halm à Édimbourg, par Hale et Adams au Mont Wilson, par Perot à Meudon.

Les premiers déplacements observés ont été rapportés à la vitesse radiale; mais Halm met en relief au bord solaire un petit déplacement spécial vers le rouge, attribuable à la pression de la vapeur. Adams, qui opère avec la plaque photographique, étudie ainsi plus de 400 raies différentes de toutes provenances et trouve des écarts assez notables entre les vitesses de rotation ainsi déterminées, écarts attribués aux niveaux différents des vapeurs dans le Soleil; il note aussi les déplacements rapportés à la pression, et variables d'une raie à l'autre. Finalement il repousse l'explication par la dispersion anormale que Julius propose pour tous les déplacements; il admet seulement, pour les vapeurs basses, l'effet de la pression et, pour les vapeurs hautes, des mouvements verticaux, superposés au mouvement de rotation.

Perot, qui opère avec son appareil interférentiel (1), obtient des résultats analogues. Il note l'influence des taches et filaments sur la vitesse de rotation et fournit une explication des différences offertes par les diverses raies, explication basée sur la courbure des rayons dans l'atmosphère solaire.

Les recherches précédentes, fort étendues, ont été faites la plupart avec le spectroscope ordinaire et avec la rotation solaire comme but principal; elles sont loin d'avoir épuisé la question, qui reste complexe, surtout en ce qui concerne l'interprétation des phénomènes et la part exacte des causes invoquées.

De mon côté, je me suis proposé un programme différent, et, depuis 1891, à diverses reprises, j'ai abordé l'étude de tous les déplacements et mouvements solaires, généraux et surtout locaux, mais dans une seule couche, la couche supérieure, supposée plus simple que les autres, et avec une seule raie, la raie centrale K_3 du calcium ou encore avec la raie rouge de l'hydrogène.

J'emploie depuis 1892 un appareil enregistreur spécial, appelé *spectro-enregistreur des vitesses*, qui, en quelques minutes, relève automatiquement les déplacements de la raie K_3 et les mouvements radiaux sur le Soleil entier. L'appareil, insuffisant et non automatique au début, a été peu à peu amélioré; il a pu prendre sa forme définitive seulement en 1908, lorsque j'ai été mis à la tête de l'Observatoire de Meudon. Il juxtapose les spectres de sections équidistantes sur le disque, et de manière à conserver

(1) L'appareil interférentiel est supérieur pour les raies fines, mais ne convient plus pour les raies larges telles que la raie K_3 du calcium; aussi l'étude des déplacements de K_3 a été faite à Meudon seulement avec les spectrographes ordinaires à prismes ou à réseau.

la forme circulaire; ce qui permet de mesurer les déplacements relatifs de la raie K_3 sur tous les points, et en particulier aux bords solaires, seuls points examinés par les autres observateurs et pour l'étude de la rotation. Si l'on ajoute sur les côtés des spectres terrestres, dus par exemple à l'arc électrique entre charbons qui contient les raies du calcium, on peut mesurer les déplacements absolus, au moins lorsque les deux faisceaux solaire et terrestre à comparer suivent des chemins identiques. On défalque naturellement le déplacement dû aux mouvements de la Terre par rapport au Soleil.

Ces épreuves qui, avec une pose courte, enregistrent les déplacements et mouvements sur le Soleil entier, sont évidemment précieuses; elles ont seulement le grand inconvénient d'exiger un temps très long, pour le relevé complet des déplacements. Avec une seule épreuve du Soleil entier, 36000 pointés sont nécessaires. L'Observatoire de Meudon, dont le personnel est restreint et qui n'a pas de bureau de mesures, ne peut entreprendre une pareille tâche. Aussi nous sommes-nous bornés, au début, à relever les déplacements au centre même du Soleil, dans cette région privilégiée où le déplacement correspond à la vitesse verticale seule des gaz solaires.

Les mesures relatives de ce déplacement, faites au centre, ont montré en 1909 ce fait curieux que les vapeurs s'élèvent au-dessus des filaments et s'abaissent au-dessus des facules, au moins par rapport aux parties voisines. Les mesures absolues, d'autre part, décèlent des mouvements généraux qui se superposent à ces premiers mouvements locaux.

Déjà, en 1894 (*Comptes rendus*, t. 119, p. 457), j'ai pu annoncer que les vapeurs K_3 offraient vraisemblablement un mouvement général d'éloignement par rapport à la Terre; car, dans le spectre de la lumière générale de l'astre, formée de tous ses points, la raie K_3 est déplacée vers le rouge, et plus ou moins suivant les jours, par rapport à la raie K_2 dont les composantes sont dissymétriques. J'ai attribué le fait à un grand courant de convection, analogue à celui de la Terre, entre les régions équatoriale et polaire [1].

En 1896, Jewell, qui observe avec les grands appareils de Rowland, mesure le déplacement vers le rouge de la raie K_3, et le trouve au plus égal au dépla-

(1) Dans cet ordre d'idées, la vapeur K_3 aurait deux couches horizontales superposées, animées de vitesses contraires: la plus basse, qui se déplace de l'équateur vers les pôles, étant plus dense, aurait une raie d'absorption plus large, et interviendrait seule dans le déplacement mesurable avec la raie K_3.

cement de la vitesse de $1^{km},6$; il admet une descente générale des vapeurs qu'il attribue à une chute de météorites (¹). Plus tard, Saint-John reprend la question avec les appareils puissants du Mont Wilson, et annonce, en 1910, une descente générale des vapeurs avec la vitesse moyenne de $1^{km},16$.

La même année, à Meudon, j'ai vérifié aussi le même phénomène dans le spectre de la lumière générale avec l'aide de Burson et d'Azambuja. La raie K_3, dans ce spectre, a un léger déplacement vers le rouge, variable suivant les jours et inférieur à 1^{km}, qui augmente si l'on conserve seulement la partie centrale de l'astre, ou si l'on prend seulement la zone royale des facules près de l'équateur (²).

En résumé, ce déplacement vers le rouge est indiscutable; mais il reste à reconnaître sa cause exacte. Il convient d'abord d'examiner les deux explications déjà proposées, et leur accord avec les faits; dans l'une il y a une descente générale de la vapeur; mais, avec le courant de convection, si la vitesse verticale est descendante près de l'équateur, elle doit être horizontale à une certaine distance vers les pôles.

J'ai été ainsi conduit à mesurer les déplacements sur quelques épreuves, non plus seulement au centre, mais le long des diamètres équatoriaux et polaires, et surtout au bord, au bord extrême.

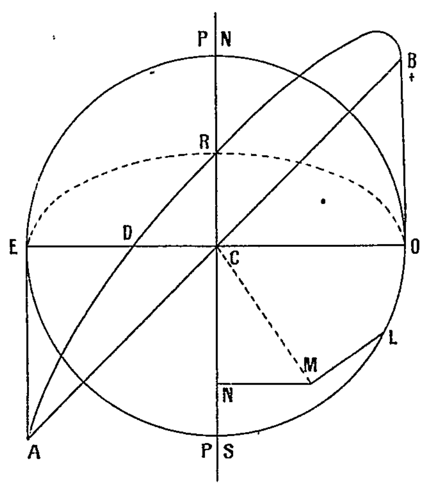
J'ai été aidé avec intelligence et dévouement dans cette étude par Burson, astronome assistant, attaché au spectro-enregistreur des vitesses. Dans chaque région on a mesuré les déplacements d'un nombre notable de points, et leur moyenne seule est insérée dans les Tableaux ci-dessous. De plus, les mesures sont rapportées directement à la raie terrestre et donc sont absolues, ce qui les distingue des mesures antérieures. En fait, c'est le recours à la raie terrestre qui a mis en relief une propriété nouvelle de ces déplacements, exposée ci-dessous.

Les premières mesures faites, au bord en 1910, ont donné à l'Est un déplacement négatif, qui, en valeur absolue, est notablement inférieur au déplacement positif de l'Ouest. Le centre de l'astre donne un déplacement positif, sauf dans le cas où il est occupé par un gros filament.

(¹) Dans l'intervalle, en 1906, Adams avait trouvé uns ascension des vapeurs K_3 au centre. Mais les mesures ont été peu nombreuses, et, probablement, il y avait alors au centre un filament.

(²) Voir, pour ce déplacement vers le rouge, les Notes successives : *Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 457; *Astrophysical Journal*, t. XII, 1896, p. 103; t. XI, 1900, p. 237; t. XXIII, 1906, p. 43; t. XXXII, 1910, p. 36, et *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 416.

Ces particularités ont été expliquées d'abord par la descente de la vapeur dans la région équatoriale, descente combinée avec la rotation générale de l'astre. La figure ci-dessous montre le déplacement résultant ADRB, lorsque



La figure représente le Soleil et les déplacements le long de l'équateur Est-Ouest. En un point quelconque M, les vitesses radiales dues à la rotation et à la descente de la vapeur sont proportionnelles respectivement à la perpendiculaire MN abaissée sur l'axe de rotation et à la moitié de la demi-corde ML. Si, en chaque point de l'équateur, on élève une ordonnée égale à la vitesse radiale, la droite AB inclinée de 45°, l'ellipse ERO et la courbe EDRO représentent respectivement la vitesse radiale de rotation, la vitesse de descente et la vitesse radiale résultante.

la vitesse de descente est supposée égale à la moitié de la vitesse linéaire de rotation; on voit que le déplacement vers le violet AD est beaucoup plus restreint que le déplacement DRB vers le rouge. Cependant, au bord extrême, en A et B, les deux déplacements doivent être égaux en valeur absolue.

Or cette dernière condition n'était pas remplie sur les premières épreuves de vitesse; aussi, pour éclaircir nettement ce point, avons-nous fait récemment d'autres épreuves similaires avec le grand spectrohéliographe de l'Observatoire, à trois prismes et chambre de 3^{m}, transformé en spectro-enregistreur des vitesses. Cet appareil, formé de pièces optiques meilleures, a des images plus nettes et assure des mesures plus précises; de plus, on a pris les précautions les plus minutieuses pour assurer l'égalité absolue des conditions dans les deux faisceaux solaire et terrestre à comparer. Les épreuves nouvelles ont été faites avec le concours de d'Azambuja, aide astronome.

Or les résultats sont encore les mêmes, comme le montre le Tableau suivant, qui résume les déplacements mesurés au centre et aux bords extrêmes est et ouest

Tableau des déplacements mesurés sur la ligne équatoriale et exprimés en divisions du micromètre.

Date.	Déplacements. Bord est.	Centre.	Bord ouest.	Observations.
21 mars 1910.....	−1,0 V.	+6,5 R.	+11,5 R.	Spectroenregistreur des vitesses.
10 novembre 1910.	−4,1 V.	+3,6 R.	+12,8 R.	Spectrohéliographe de 3m.
13 janvier 1911...	−1,8 V.	+4,1 R.	+10,4 R.	Id.
16 janvier 1911...	−2,9 V.	+4,7 R.	+ 9,6 R.	Id.

En réalité, les déplacements est et ouest sont très inégaux en valeur absolue, et la descente admise à l'Équateur dans les deux explications précédentes ne suffit pas à justifier les divergences. Une autre cause non encore invoquée doit intervenir.

J'ai rapproché aussitôt ce résultat expérimental d'un autre résultat similaire présenté par Dufour, le 4 juillet 1910 (*Comptes rendus*, t. 151, p. 60), sur l'arc au mercure dans le vide, mis en rotation rapide sous l'influence d'un champ magnétique. L'anode de l'arc mercuriel est un anneau circulaire, au centre duquel est la cathode; et cette anode circulaire est comparable au cercle équatorial solaire par sa forme et par la rotation qui l'anime. Même la similitude est encore plus grande avec la couche supérieure de l'atmosphère solaire à l'Équateur, si l'on remarque que, d'après les recherches antérieures de Perot sur l'arc au mercure, les atomes lumineux se meuvent de l'anode à la cathode; et donc, dans le cas présent, se meuvent, tout en tournant, de la périphérie vers le centre ([1]).

Or Dufour a mesuré le déplacement spectral d'une part au point de l'arc tournant qui s'approche de l'observateur et correspond au bord est solaire, et, d'autre part, au point de cet arc qui s'éloigne et correspond au bord ouest. Les déplacements sont dans le sens voulu, mais le premier déplacement est, en valeur absolue, notablement plus petit que dans le second. Le

([1]) Il y a cependant une différence : la couche solaire nous présente une seule hémisphère, un seul demi-cercle. L'arc au mercure présente successivement les deux hémisphères, dont les effets concordants ou opposés s'ajoutent sur la plaque. Ainsi les atomes lumineux de l'arc s'approchent d'un côté et s'éloignent de l'autre.

Cet arc tournant au mercure est anologue aux jets cathodiques issus du Soleil et déviés par le champ magnétique solaire, que j'ai examinés dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 70).

phénomène spectral paraît le même dans l'arc tournant et dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire.

Dufour explique la dissymétrie constatée par la dispersion anomale et par l'influence des variations d'indice sur le déplacement Doppler-Fizeau, influence que Michelson a nettement précisée en 1901 (*Astrophysical Journal*, t. XIII, 1901, p. 192).

Cette explication, dont l'idée première est due, en partie, je crois, à Cotton ([1]), doit retenir l'attention; elle peut être étendue au Soleil, au moins provisoirement, d'autant que la dispersion anomale a été constatée dans le laboratoire avec les raies H et K du calcium, mais pas encore avec les raies du mercure.

Une objection, il est vrai, se présente : les raies qui ont la dispersion anomale la plus forte ne sont pas celles qui offrent la dissymétrie de déplacement la plus grande aux deux bords solaires (d'après Adams, Fabry et Buisson). On peut répondre que les vapeurs correspondantes sont basses, mélangées à d'autres vapeurs et que l'effet sur le déplacement des grandes variations d'indice autour de la raie est masqué dans le mélange; par contre cet effet est entier avec les vapeurs hautes, telle que la vapeur K_3 qui est isolée.

L'étude des déplacements sur le diamètre polaire offre aussi un grand intérêt. Les premières mesures ne montrent pas une diminution bien nette du déplacement vers le rouge au bord extrême, mais elles sont encore insuffisantes.

Des recherches plus longues, étendues à d'autres raies, seront nécessaires pour décider et choisir définitivement entre les diverses explications. Dès à présent on peut prévoir que, pour avoir les mouvements radiaux réels, il faudra diminuer dans une certaine mesure les déplacements vers le rouge et augmenter ceux vers le violet.

PHYSIQUE. — *Action de forces extérieures sur la tension des vapeurs saturées et les gaz dissous dans un liquide.* Note de M. G. **Lippmann**.

1. Si un liquide volatil tel que l'eau s'élève dans un tube capillaire jusqu'à une hauteur Δx, la tension de la vapeur au ménisque est nécessairement

([1]) Au Congrès international des Recherches solaires de 1910, Cotton a signalé la dispersion anomale et l'effet Michelson comme susceptibles d'expliquer les différences dans les mesures de la rotation solaire; et Michelson avait fait déjà des remarques analogues.

moindre que la tension à la surface plane; et cette diminution de tension Δf doit satisfaire à l'équation

$$(1) \qquad \Delta f = \varphi g \, \Delta x,$$

φ étant la densité de la vapeur et g l'accélération de la pesanteur. On sait que ce théorème est dû à Lord Kelvin. Ce physicien a montré que si l'équation (1) n'était pas satisfaite, il se produirait une distillation *per descensum* qui continuerait indéfiniment, et que le système fonctionnerait comme moteur perpétuel.

Comment expliquer cette différence de tension maxima entre les deux surfaces liquides qui sont pourtant à la même température? Lord Kelvin a proposé l'explication suivante : La variation Δf serait due à la courbure du ménisque; le ménisque exercerait sur la vapeur une action déprimante proportionnelle à l'action soutirante qu'il exerce sur le liquide. D'après cette théorie, la tension de vapeur serait la même dans toute l'étendue de la masse liquide, la température étant supposée uniforme, et la variation Δf se produirait d'une manière discontinue au passage par la surface incurvée du ménisque.

Le théorème exprimé par l'équation (1) ne me paraît pas douteux; mais il n'en est pas de même de l'explication fondée sur le rôle du ménisque. Je vais essayer d'établir une autre théorie du phénomène et de montrer que la variation de la tension de vapeur a lieu d'une manière continue suivant la hauteur de la colonne liquide, grâce à l'action de la pesanteur. La tension de vapeur, dans une masse liquide de température uniforme, cesse d'être uniforme quand l'action de la pesanteur rend le système hétérogène.

2. Pour démontrer cette proposition, généralisons le problème précédent. Supposons le tube capillaire et le liquide à sa base entouré d'une masse gazeuse autre que la vapeur du liquide. La pression du gaz à la surface plane inférieure est f; au niveau Δz du ménisque, cette pression est f'. On a

$$(2) \qquad f - f' = \Delta f = \psi g \, \Delta z,$$

ψ étant la densité du gaz. Le liquide s'est saturé de gaz jusqu'à équilibre.

Le gaz s'est répandu par diffusion à travers le liquide. Si la pesanteur n'intervient pas, l'effet final de la diffusion serait de répandre le gaz uniformément dans son dissolvant; mais ici cette uniformité serait incompatible avec l'équilibre. Il faut, en effet, que la teneur en gaz soit proportionnelle à f à la surface libre, proportionnelle à f' au ménisque, moindre par con-

séquent en haut qu'en bas; et si cette inégalité était détruite par la diffusion, il s'établirait une circulation indéfinie de gaz pesant, et le système fonctionne comme moteur perpétuel.

En résumé, il faut, pour l'équilibre, que *la tension du gaz dissous varie avec le niveau suivant la même loi que la pression du gaz à l'intérieur du liquide*. En d'autres termes, tout se passe comme si le liquide était une masse poreuse dont les méats très fins seraient pénétrés par le gaz extérieur. Le cas de la vapeur saturée rentre comme cas particulier dans le cas qui vient d'être considéré.

Les raisonnements précédents s'appliquent au cas de forces extérieures autres que la pesanteur : à l'action d'un champ magnétique, par exemple, s'exerçant sur un gaz magnétique tel que l'oxygène.

PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'un élément périodique dans le rayonnement magnéto-cathodique*. Note de M. GOUY.

On sait qu'aux vides élevés le faisceau magnéto-cathodique émis par un fil servant de cathode forme une nappe lumineuse, séparée de la cathode par un intervalle plus obscur. J'ai constaté que cette nappe, dans des circonstances favorables, se montre sillonnée de franges brillantes et obscures, qui dessinent les lignes de force magnétique, et sont donc constituées par des rayons magnéto-cathodiques, dont l'intensité lumineuse varie de l'un à l'autre, suivant une loi périodique.

Ces franges, dont l'aspect rappelle les franges d'interférences lumineuses, sont souvent très belles lorsque le faisceau se termine sur la paroi de verre de l'ampoule; elles sont pâles, mais encore visibles, quand ce faisceau se termine sur l'anode métallique. J'ai surtout étudié les premières; les autres paraissent n'en différer que par leur moindre visibilité, mais elles n'ont pas encore été mesurées.

Toutes ces franges présentent un caractère des plus remarquables : lorsqu'on fait varier l'intensité du champ magnétique, on les voit se déplacer régulièrement et se succéder les unes aux autres, en marchant avec des vitesses inégales, de telle sorte qu'elles se resserrent quand le champ augmente. Elles se comportent donc absolument comme font les franges d'interférences quand on fait varier la longueur d'onde. Elles se déplacent aussi, à champ constant, quand on fait varier la position de la cathode ou de la paroi.

L'étude des clichés de ces franges, produites dans des champs presque uniformes, a montré que l'élément essentiel est la longueur du rayon magnéto-cathodique, mesurée sur la ligne de force magnétique, depuis la cathode jusqu'à l'obstacle où se termine le rayon. Les résultats des mesures sont résumés dans cet énoncé, valable au moins comme première approximation :

Les maxima d'intensité correspondent aux rayons dont les longueurs sont des multiples exacts d'une certaine longueur a, qui est inversement proportionnelle à la valeur du champ magnétique (1).

Par une discussion très simple on en déduit le déplacement des franges. On voit qu'à mesure que le champ augmente chaque frange se raccourcit, et par suite marche dans le sens où la longueur du rayon est décroissante; cette marche étant d'autant plus rapide que la longueur du rayon est plus grande, les franges se resserrent. On voit aussi que les franges sont d'autant plus serrées que la cathode et la paroi forment un angle plus ouvert. Si, à champ constant, il y a une modification du système, par exemple un déplacement de la cathode, les franges se déplacent de telle sorte que la longueur du rayon reste constante.

La longueur a ne dépend pas seulement du champ magnétique; elle augmente avec le voltage, et paraît être à peu près proportionnelle à sa racine carrée. Elle vaut sensiblement 7^{mm} pour 1000 gauss et 2000 volts.

Les franges commencent à être visibles vers la pression de 80^{μ}; elles ont été mesurées d'ordinaire de 10^{μ} à 20^{μ}. L'expérience exige surtout le silence du téléphone mis dans le circuit et l'absence d'oscillations, celles-ci faisant disparaître les franges. Il est préférable d'employer des courants d'au moins un milliampère (2).

Les phénomènes que je viens de décrire montrent avec évidence qu'il existe un élément périodique dans le rayonnement magnéto-cathodique. Pour en rendre compte, il faudra sans doute compléter les hypothèses actuelles, soit en recourant aux principes de la résonance et des interférences, soit en faisant revivre pour les électrons la théorie des accès de Newton sous une forme appropriée.

---

(1) La différence de longueur des rayons pour deux franges voisines est donc a.

(2) Les appareils employés sont des cylindres de 8^{cm} de diamètre, garnis d'une grande feuille métallique formant anode; l'axe du cylindre est perpendiculaire au champ magnétique. La cathode est dans une section droite.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une Commission qui devra présenter une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Jules Tannery*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre deux Membres de la Division des Sciences mathématiques, deux Membres de la Division des Sciences physiques et deux Membres de la Section des Académiciens libres.

Dans la Division des Sciences mathématiques, MM. **Émile Picard** et **E.-L. Bertin** réunissent la majorité absolue des suffrages.

Dans la Division des Sciences physiques :

M. A. Müntz obtient........ 35 suffrages
MM. G. Bonnier, Roux et Dastre
obtiennent chacun..... 20 suffrages

Dans la Section des Académiciens libres :

M. Labbé obtient.......... 41 suffrages
MM. Cailletet et Alfred Picard
obtiennent chacun..... 35 suffrages

L'Académie décide que, des Membres qui ont obtenu le même nombre de suffrages, c'est le plus ancien qui fera partie de la Commission.

En conséquence, MM. **G. Bonnier** et **L. Cailletet** seront adjoints à M. **A. Müntz** et M. **Labbé** pour compléter la liste des délégués de la Division des Sciences physiques et de la Section des Académiciens libres.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente, au nom de M. *Dislère*, Président du Conseil d'administration de la Caisse des Recherches scientifiques, les *Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en* 1909 *au moyen des subventions de la* Caisse des Recherches scientifiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G.-H. Emmerich, *Lexikon für Photographie und Reproductionstechnik (Chemigraphie, Lichtdruck, Heliogravüre)*. (Transmis par M. le Ministre de l'Instruction publique.)

2° E. Doublet, *Correspondance échangée de* 1720 *à* 1739 *entre l'astronome J.-N. Delisle et M. de Navarre*. (Présenté par M. Bigourdan.)

3° *Flore de France*, par G. Rouy, Tome XII. (Présenté par M. Guignard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de fonctions mesurables.* Note de M. **D.-Th. Égoroff**.

Soit $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x), \ldots$ une suite de fonctions mesurables que nous supposerons convergente et tendant vers une fonction-limite $f(x)$ pour tous les points x d'un intervalle AB, sauf peut-être les points d'un ensemble de mesure nulle. Il est bien connu (¹) que cette suite est en même temps *convergente en mesure*, c'est-à-dire que $m(n, \varepsilon)$ désignant la mesure de l'ensemble des points pour lesquels $|f(x) - f_n(x)|$ est supérieur à un nombre positif ε donné (aussi petit qu'on veut), on a

$$(1) \qquad \lim_{n=\infty} m(n, \varepsilon) = 0.$$

M. Lebesgue (²) énonce une proposition analogue concernant la mesure $\mu(n, \varepsilon)$ de l'ensemble E_n de points pour lesquels l'une au moins des différences $f(x) - f_m(x)$, à partir de $m = n$, est supérieure (ou égale) à ε en valeur absolue. Cette proposition est une simple conséquence de la précédente appliquée à une suite de fonctions $\overline{R}_1(x), \overline{R}_2(x), \ldots, \overline{R}_n(x), \ldots$ dont j'emprunte l'idée à un Mémoire de M. Weyl (³) et qui sont définies par la condition que pour chaque valeur de x, $\overline{R}_n(x)$ (⁴) est égale à la limite supérieure (⁵) de la suite de nombres positifs

$$(2) \qquad |f(x) - f_n(x)|, \quad |f(x) - f_{n+1}(x)|, \quad \ldots, \quad |f(x) - f_{n+p}(x)|, \quad \ldots.$$

(¹) Borel, *Leçons sur les fonctions de variables réelles*. p. 37. — Riesz, *Sur les suites de fonctions mesurables* (*Comptes rendus*, t. 148, p. 1303).

(²) *Leçons sur les séries trigonométriques*, p. 10.

(³) *Mathematische Annalen*, t. LXVII, p. 225.

(⁴) $R_n(x)$ est évidemment mesurable.

(⁵) Pour un point de convergence, $\overline{R}_n(x)$ est évidemment égale à l'un des termes de la suite (2).

Pour tous les points de l'intervalle AB on a évidemment

$$(3) \qquad \overline{R}_1(x) \geqq \overline{R}_2(x) \geqq \ldots \geqq \overline{R}_n(x) \geqq \overline{R}_{n+1}(x) \geqq \ldots,$$

$$(4) \qquad |f(x) - f_m(x)| \leqq \overline{R}_n(x) \quad \text{pour} \quad m = n, n+1, \ldots.$$

Pour tous les points de convergence de la suite $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ la suite $\overline{R}_1, \overline{R}_2, \ldots, \overline{R}_n, \ldots$ est aussi convergente, et l'on a, pour ces points, $\lim_{n=\infty} \overline{R}_n(x) = 0$.

L'ensemble E_n de points dont il est question est évidemment l'ensemble de points pour lesquels

$$\overline{R}_n(x) = |\overline{R}_n(x) - 0| \geqq \varepsilon,$$

et par conséquent la mesure $\mu(n, \varepsilon)$ de cet ensemble tend vers zéro lorsque n croît indéfiniment.

Soit maintenant $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \ldots, \varepsilon_n, \ldots$, une suite de nombres positifs décroissants et tels que $\lim_{n=\infty} \varepsilon_n = 0$; soit d'autre part

$$(5) \qquad \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \ldots + \eta_n + \ldots$$

une série convergente à termes positifs. Considérons les ensembles $E_n^{(i)}$ de points pour lesquels $\overline{R}_n(x) \geqq \varepsilon_i$ La mesure $\mu(n, \varepsilon_i)$ de l'ensemble tendant vers zéro lorsque n croît indéfiniment, on pourra, pour chaque ε_i, choisir une valeur n_i telle que $\mu(n_i, \varepsilon_i) \leqq \eta_i$. Considérons la suite d'ensembles $E_{n_1}^{(1)}$, $E_{n_2}^{(2)}, \ldots, E_{n_i}^{(i)}, \ldots$ et l'ensemble somme $\overline{E}_i$ des ensembles $E_{n_i}^{(i)}, E_{n_{i+1}}^{(i+1)}, \ldots$ de cette suite à partir d'une certaine valeur i de l'indice. La mesure de $\overline{E}_i$ est au plus égale à la somme de mesures

$$\mu(n_i, \varepsilon_i) + \mu(n_{i+1}, \varepsilon_{i+1}) + \ldots,$$

et par conséquent est moindre que le reste $\eta_{i+1} + \eta_{i+2} + \ldots$ de la série (5). En prenant i suffisamment grand on a un ensemble $\overline{E}_i$ de mesure η aussi petite qu'on veut. Pour tous les points de l'intervalle AB n'appartenant pas à $\overline{E}_i$ la suite $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ est uniformément convergente. On a en effet pour ces points

$$\overline{R}_{r_i}(x) < \varepsilon_i, \qquad \overline{R}_{r_{i+1}}(x) < \varepsilon_{i+1}, \qquad \ldots,$$

et, par conséquent,

$$|f_m - f| < \varepsilon_{i+p} \quad \text{pour} \quad m \geqq n_{i+p}.$$

En prenant p assez grand on pourra faire toutes les différences $f - f_m$ à

partir de $m = n_{i+p}$ moindres en valeur absolue à tel nombre ε qu'on voudra, la suite $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \ldots$ convergeant vers zéro.

Nous avons donc démontré le théorème suivant :

Théorème. — *Si l'on a une suite de fonctions mesurables convergente pour tous les points d'un intervalle* AB *sauf, peut-être, les points d'un ensemble de mesure nulle, on pourra toujours enlever de l'intervalle* AB *un ensemble de mesure* η *aussi petite qu'on voudra et tel que pour l'ensemble complémentaire* [de mesure $= m(\text{AB}) - \eta$] *la suite est uniformément convergente.*

On peut dire que chaque suite convergente dans un intervalle est *en général* uniformément convergente (*wesentlich gleichmässig*, d'après M. Weyl) dans l'intervalle.

On voit sans peine que ce théorème est susceptible d'un grand nombre d'applications.

GÉODÉSIE. — *Sur une cause d'erreur instrumentale des appareils de mesure de base.* Note (¹) de M. R. **Bourgeois**, présentée par M. Bassot.

Le Service géographique de l'Armée mesure actuellement ses bases géodésiques en se servant des appareils en métal invar, règle monométallique ou fils.

Dans le cas des mesures à l'aide de fils, ceux-ci sont étalonnés au Bureau international des Poids et Mesures, avant le départ et après le retour; mais ils sont en outre, pendant la mesure elle-même, comparés entre eux et à la règle monométallique considérée comme étalon fondamental, sur une base d'étalonnage d'une longueur de quelques centaines de mètres mesurée avec la plus grande précision possible à l'aide de la règle.

L'ensemble de toutes les opérations faites actuellement avec la règle monométallique en invar montre que les erreurs moyennes quadratiques des bases mesurées à l'aide de cet appareil sont très faibles et au plus de l'ordre du $\frac{1}{1000000}$.

La dernière base mesurée a été celle de Blida, pendant la campagne de 19 0, sur l'emplacement même de l'ancienne base fondamentale de l'Algérie, dont la longueur avait été déterminée en 1864 par Perrier, au moyen de l'appareil de Porro.

(¹) Présentée dans la séance du 23 janvier 1911.

On a employé, pour l'opération de 1910, six fils d'invar, dont on devait suivre les variations par des comparaisons faites, au cours même des travaux, sur une base d'étalonnage de 20 portées de fils (480^m), soit 120 portées de la règle.

Or la base d'étalonnage mesurée quatre fois à la règle d'invar, deux fois dans un sens et deux fois dans l'autre, a donné les résultats suivants :

1° Mesure, sens direct..........	$-479^m,8850$		885,15
2° Mesure, sens inverse........	$-479,8740$	-87480	
3° Mesure, sens inverse........	$-479,8756$		
4° Mesure, sens direct..........	$-479,8853$		

Il en ressort une anomalie inadmissible entre la moyenne des mesures faites dans le sens direct et la moyenne des mesures faites dans le sens inverse.

La cause de cette anomalie, presque insoupçonnable, a été révélée par l'examen des inclinaisons α de la règle, qu'on mesure à chaque portée, et qui sont assez sensibles, parce que la base de Blida est sur une pente assez forte et régulière, environ 16^{mm} par mètre.

En sommant ces inclinaisons dans les deux sens, on a trouvé :

1° Mesure, sens direct........	$\Sigma\alpha_d = 140^g,798$		$140^g,706$
2° Mesure, sens inverse.......	$\Sigma\alpha_i = 148,814$	$148^g,822$	
3° Mesure, sens inverse.......	$\Sigma\alpha_i = 148,830$		
4° Mesure, sens direct........	$\Sigma\alpha_d = 140,614$		

Si le niveau donne bien l'inclinaison du plan des divisions de la règle, on devrait avoir : $\Sigma\alpha_d = \Sigma\alpha_i$.

Or on a :

$$\Sigma\alpha_d = 140^g,706,$$
$$\Sigma\alpha_i = 148^g,822,$$

résultats qui justifient les différences trouvées dans la longueur de la base, indiquées plus haut, mais qui démontrent aussi que le niveau ne donne pas l'inclinaison du plan des divisions de la règle.

On est ainsi amené à conclure que le plan d'appui des pattes du niveau diffère du plan des fibres neutres sur lequel sont tracées les divisions et fait avec lui un angle β.

Dans ces conditions, l'inclinaison du plan des divisions est $\alpha + \beta$ dans un sens et $\alpha - \beta$ dans l'autre, la règle ayant été retournée bout pour bout.

Il pourrait se faire que le métal invar étant relativement mou, le plan des fibres neùtres sur lequel sont tracées les divisions et sur lequel se place le niveau, dont les pattes sont en bronze dur, se soit usé aux points d'appui, et que l'erreur instrumentale qu'on a constatée résulte d'une usure inégale en ces points.

L'angle β peut se déduire de l'ensemble de la mesure, car on doit avoir, N étant le nombre des portées et n le nombre des mesures faites dans chaque sens :

$$\Sigma\alpha_d + nN\beta = \Sigma\alpha_i - nN\beta.$$

On a obtenu ainsi

$$\beta = 2',97.$$

On peut également vérifier directement l'existence de l'angle β et en déterminer la valeur en installant une portée sous les microscopes, mesurant l'inclinaison, puis recommençant la même opération après avoir retourné la règle bout pour bout et réinstallé la portée par mise au point des divisions de la règle sans toucher aux microscopes. On a obtenu ainsi $\beta = 2',70$, valeur tout à fait concordante avec la première.

Les quatre mesures de la base d'étalonnage ont donné, après correction, les valeurs

$$479^{m},8810,\quad 479^{m},8781,\quad 479^{m},8800,\quad 479^{m},8810,$$

qui sont concordantes.

L'erreur moyenne quadratique d'une mesure isolée n'est plus que : $1^{mm},4$, c'est-à-dire $\frac{1}{350000}$ environ et l'erreur moyenne de la moyenne des quatre mesures $0^{mm},7$, soit $\frac{1}{700000}$.

Il faut bien remarquer que l'effet de la cause d'erreur, disparaissant dans la moyenne des mesures faites dans les deux sens, il est indispensable de faire cette double mesure sens direct et sens inverse. Cet effet n'est pas sensible quand l'inclinaison du terrain est très faible, ce qui a été le cas des mesures de base de Payta (Équateur) et de Tunis : il a fallu l'inclinaison relativement forte et continue de la base de Blida pour mettre cet effet en évidence.

Il était bon de s'assurer par des expériences directes, et l'on s'est empressé de le faire, que la règle bimétallique de Brünner ne présente pas cette cause d'erreur instrumentale. Il n'y a aucune correction de ce chef à faire subir aux bases de la méridienne de France et à la base fondamentale de la méridienne de Quito.

CINÉMATIQUE. — *Construction mécanique de la liaison exprimée par la formule* $\frac{d\beta}{d\alpha} = \text{tang}\,\omega$. Note de M. **Torres Quevedo**, présentée par M. P. Appell.

Sur une sphère de rayon R, dont le centre est le point O, traçons un triangle trirectangle ABC renfermant le point le plus bas de la sphère.

Traçons dans le plan AOB une droite, a, perpendiculaire à OA et extérieure à la sphère, et imaginons une roulette, M, tangente à la sphère au point A et sujette à tourner autour de a. Traçons dans le même plan et à la même distance du centre O une droite b perpendiculaire à OB, et imaginons une seconde roulette, N, tangente à la sphère en B et sujette à tourner autour de b. Concevons une droite c, extérieure à la sphère, qui coupe normalement la demi-droite OC et peut tourner autour d'elle; appelons ω l'angle variable que fait la droite c avec le plan BOC, et imaginons une troisième roulette, P, tangente à la sphère au point C et sujette à tourner autour de c.

Matérialisons encore ce système en attribuant à la sphère un poids qui l'oblige à rester appuyée sur les trois roulettes, et empêche, à cause du frottement, tout glissement entre les surfaces en contact.

La sphère ne peut pas se déplacer et son mouvement élémentaire se réduit à une rotation autour d'un de ses diamètres. D'autre part, pour que la sphère et la roulette M roulent l'une sur l'autre sans glissement, il faut que leurs axes de rotation soient dans le même plan: donc l'axe instantané de rotation de la sphère, qui doit passer par le point O, se trouvera nécessairement dans le plan Oa. Par une raison analogue il se trouvera aussi dans les plans Ob et Oc. Cela est possible parce que Oa et Ob se confondent tous deux avec le plan AOB; donc, en définitive, la sphère tournera autour de l'intersection des deux plans AOB et Oc.

Or d'après la construction de l'appareil, cette intersection fera un angle ω avec le rayon OB; donc les distances des points de contact A et B à cette droite seront respectivement $R\cos\omega$ et $R\sin\omega$; si nous considérons un mouvement infiniment petit du système et si nous appelons $d\alpha$ la rotation de la roulette M et $d\beta$ la rotation de la roulette N, nous aurons

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = \text{tang}\,\omega.$$

Ce mécanisme (comme tous ceux dans lesquels le rapport de vitesse entre deux organes est une fonction du déplacement d'un troisième organe) peut être utilisé dans les planimètres, dans les intégrateurs et d'une manière générale dans la construction mécanique des équations différentielles.

Il présente, au point de vue théorique, deux avantages qui, à ma connais-

sance, ne se trouvent réunis dans aucun des appareils construits ou projetés jusqu'à présent :

1° Le rapport $\frac{d\beta}{d\alpha}$ peut passer par les valeurs o et ∞;

2° L'amplitude de variation des variables α et β est illimitée.

Sa construction, d'autre part, ne paraît offrir aucune difficulté et je pense qu'il pourra dans certains cas être utilement appliqué.

PHYSIQUE. — *Sur l'action ionisante probable du champ magnétique.* Note de M. **Auguste Righi.**

On sait que lorsqu'une différence de potentiel plus petite que celle qui, dans les conditions ordinaires, est nécessaire pour produire la décharge, est appliquée aux électrodes d'un tube à décharge contenant de l'air très raréfié (pression de l'ordre du millième de millimètre), le courant peut s'établir si le tube est soumis à l'action d'un champ magnétique convenable. Le potentiel de décharge est donc diminué par le champ, bien que, suivant les conclusions des physiciens qui se sont occupés de ce phénomène, il n'y ait dans le tube, avant l'action du magnétisme, aucun phénomène de décharge; de manière qu'on ne peut pas expliquer l'action du champ par les modifications produites par les forces magnétiques sur les mouvements des ions et des électrons.

Dans une Note relative à l'influence du champ sur le potentiel de décharge dans des tubes où l'air a la pression de quelques dixièmes de millimètre [1], j'ai avancé avec toute réserve, pour expliquer le fait rappelé, l'hypothèse que le champ magnétique, par son action sur les électrons en mouvement faisant partie de la structure des atomes, pourrait être une cause directe d'ionisation; et tout récemment, ayant repris mon travail pour l'étendre au cas des grandes raréfactions, j'ai obtenu quelques résultats, qui s'expliquent assez bien par une hypothèse semblable.

Ces résultats présentent des caractères tout à fait inattendus. En effet je viens de constater que l'action d'un même champ magnétique sur un tube contenant de l'air à quelques millièmes de millimètre de pression varie, lorsqu'on change les signes des potentiels des électrodes, ou simplement la valeur absolue de ces potentiels. Par exemple, la valeur du champ nécessaire pour déterminer la décharge varie, suivant qu'on met à terre l'un

(1) *Le Radium*, octobre 1910.

ou l'autre des pôles de la batterie de petits accumulateurs, qui fournit le courant (1).

Je ne décrirai ici que deux de mes expériences nouvelles, en y ajoutant les résultats d'une autre, dont il serait trop long de donner la description.

Un tube à décharge cylindrique, dont la surface extérieure est recouverte d'une feuille d'étain, est introduit dans les bobines de l'électro-aimant usuel de Ruhmkorff, privé de pièces polaires et placé sur des rails parallèles au tube, pour qu'on puisse le déplacer aisément. Les électrodes sont deux disques d'aluminium perpendiculaires à l'axe et éloignés l'un de l'autre d'environ 15^{cm}. Le tube est immobile, étant en communication avec la pompe à vide; mais en déplaçant l'électro-aimant on peut faire agir le champ, soit dans la portion moyenne du tube, les électrodes se trouvant alors au dedans du fer des bobines, c'est-à-dire dans une place où le champ reste sensiblement nul, soit sur la partie du tube qui contient une des électrodes.

Supposons d'abord que l'appareil soit disposé de cette dernière manière, et que par conséquent une des électrodes A soit au milieu du champ pendant que l'autre B est au dedans d'une des bobines. On pourra alors chercher quelle valeur il faut donner au champ pour que le courant s'établisse dans le tube (l'existence de ce courant étant révélée par un galvanomètre sensible) dans chacun des quatre cas suivants :

1. Potentiel de $A = + V$; potentiel de $B = 0$;
2. » $A = 0$; » $B = + V$;
3. » $A = - V$; » $B = 0$;
4. » $A = 0$; » $B = - V$.

Pour $V = 3000$ volts j'ai observé que, dans le cas 1, un champ de 1250 gauss produisait le courant dans le tube, pendant que dans les cas 2, 3 et 4, on n'obtient cet effet qu'avec des champs beaucoup plus forts, supérieurs à 5000 gauss.

Si l'on admet d'une manière générale que l'ionisation qui détermine la décharge est due à une production d'électrons (et l'on ne voit pas de quelle autre manière on pourrait expliquer la décharge), ces résultats semblent indiquer que c'est surtout de la paroi entourant l'électrode A que l'émission des électrons a lieu; car c'est seulement dans le cas 1 que des lignes de force électriques se terminent sur le verre, et que celui-ci tend à repousser des électrons.

---

(1) Il est bon de placer dans le circuit de la batterie une très grande résistance (tubes d'alcool) pour éviter des forts courants, qui pourraient compromettre l'intégrité des tubes à décharge, ou les modifier trop rapidement.

Avec un tube à décharge d'une forme un peu plus compliquée j'ai étudié l'effet produit par une lame solide placée près de l'électron positif, et présentant par conséquent une charge négative du côté de l'électrode. J'ai constaté que par sa présence la lame produit une diminution de la valeur de l'intensité du champ nécessaire pour déterminer la décharge. Mais, ce qui me paraît remarquable, l'effet de la lame dépend de sa nature. Ainsi avec le plomb, et à un moindre degré avec le platine, des champs plus faibles sont nécessaires qu'avec le verre, l'aluminium, le cuivre, le zinc ou le charbon.

Évidemment cette influence de la nature des corps exposés à l'influence électrique de l'électrode positive est une preuve en faveur de l'explication donnée, c'est-à-dire d'une émission d'électrons à partir de la paroi, dans le cas de l'expérience précédemment décrite.

Il paraît donc que, si le champ magnétique est capable de séparer des électrons, ce soit surtout près des surfaces où se terminent des lignes de force électriques, que le phénomène a lieu. Probablement les gaz occlus et qui se dégagent peu à peu dans le vide ressentent surtout l'action du champ magnétique, aidée par les forces électriques.

Supposons en dernier lieu que le tube, dont j'ai donné la description, soit placé de manière que le champ agisse sur la partie moyenne, et que les électrodes soient soustraites toutes les deux à son action. Si l'on donne au champ une intensité suffisante on obtient encore l'effet ordinaire, c'est-à-dire que le courant s'établit dans le tube. Le cas où une des électrodes est au potentiel zéro et l'autre à un potentiel négatif est particulièrement remarquable, car alors il n'y a dans le champ aucune charge négative. L'hypothèse d'une ionisation produite par le champ s'appliquera encore, mais il faudra admettre que cette ionisation a lieu dans les molécules de l'air contenues dans le tube.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, qui n'a en ce moment d'autre valeur que celle de suggérer de nouvelles expériences, les faits constatés m'ont semblé assez singuliers pour en faire l'objet de cette Communication.

ÉLECTRICITÉ. — *Compoundage des alternateurs au moyen des soupapes électrolytiques*. Note de M. C. LIMB, présentée par M. Lippmann.

J'ai indiqué, dans une Note en date du 18 mai 1908, que les alternateurs étaient susceptibles de s'exciter *spontanément*, sur leur propre induit,

par l'intermédiaire de soupapes électrolytiques. Dans une seconde Note, présentée le 6 juillet 1908, je montrais qu'on pouvait conclure, de ce fait, à la possibilité de construire non seulement des dynamos génératrices à courant alternatif, sans excitatrice, mais même des dynamos à courant continu, sans collecteur, au moins théoriquement. Dans le cas des alternateurs, la suppression de l'excitatrice ne présente certainement pas grand intérêt pratique, vu l'importance minime de cette machine auxiliaire; toutefois les soupapes électrolytiques donnent une nouvelle solution simple de la question du compoundage des alternateurs.

J'ai effectué diverses expériences sur le même alternateur triphasé, de 10 kilovolts-ampères, soit 50 ampères par fil, sous 115 volts composés, qui m'avait déjà servi à ces études.

L'inducteur comportait deux jeux de bobines excitatrices : l'un, le plus important, servait à produire l'excitation principale, 115 volts à vide, au moyen d'un courant continu pris à une distribution générale; le deuxième jeu de bobines inductrices, de bien moindre importance, formait l'enroulement de compoundage. Les trois conducteurs de départ du courant triphasé traversaient chacun un enroulement de 24 spires de grosse section, placé sur chacun des trois noyaux d'un transformateur triphasé de faible puissance. Les enroulements secondaires de ce transformateur étaient formés de trois bobines de 240 spires de faible section; le rapport de transformation était donc 1 : 10, réduisant le courant primaire à une valeur convenable pour être supporté par l'enroulement de compoundage de l'alternateur. Les secondaires peuvent être groupés, soit en triangle, soit en étoile, suivant les intensités désirées. Quel que soit le groupement, les trois bornes étaient reliées, suivant le montage ordinaire, à trois paires de soupapes électrolytiques. Enfin le courant redressé sortant de la batterie de soupapes, aboutissait à l'enroulement de compoundage de l'alternateur. Un petit rhéostat, *placé en dérivation* sur cet enroulement, permettait d'y laisser entrer une portion plus ou moins grande du courant redressé, depuis sa valeur maximum, jusqu'à zéro, cas du rhéostat sur le plot *résistance nulle* ou court-circuit.

J'ai vérifié que le courant redressé *total*, sortant des soupapes, était pratiquement proportionnel au courant triphasé débité par l'alternateur, et, en cas de charge un peu différente des trois phases, à la somme des trois courants alternatifs débités par les trois conducteurs.

En réglant l'excitation principale de l'alternateur de façon à obtenir le voltage normal de 115 volts composés, si l'on n'utilisait pas le compoundage, le voltage tombait à 85 volts environ, soit une baisse de 26 pour 100, pour le plein débit normal de 50 ampères par fil, sur résistances non inductives, lampes ou rhéostats absorbeurs. Mais en faisant agir dans le

sens voulu et avec une intensité convenable, le courant redressé destiné au compoundage, il était aisé d'obtenir le débit normal, tout en maintenant le voltage de 115 volts; celui-ci ne variait pas sensiblement pour toute valeur de l'intensité de 50 à 60 ampères jusqu'à zéro, même en admettant une certaine inégalité de débit sur les trois ponts. Le compoundage de cet alternateur se trouvait donc pratiquement réalisé, avec une précision sensiblement du même ordre que celui d'une dynamo à courant continu. J'ai vérifié directement que la portion du courant redressé, admise dans l'enroulement excitateur de compoundage, était sensiblement proportionnelle au courant triphasé débité par l'alternateur, ce qui était d'ailleurs évident, puisque le courant redressé *total*, d'une part, avait été reconnu proportionnel au courant triphasé, et que, d'autre part, il avait été inutile de toucher au petit rhéostat compensateur, une fois celui-ci réglé dans une position convenable.

En faisant ensuite débiter l'alternateur, non plus sur de simples résistances ohmiques, mais sur des résistances fortement inductives (moteurs triphasés asynchrones tournant à vide), on constatait que le compoundage n'était plus suffisant : il fallait admettre dans l'inducteur une portion plus grande du courant redressé, ce qui était aisé, en agissant convenablement sur le rhéostat compensateur. Mais ce nouveau réglage obtenu, on pouvait arrêter, un ou plusieurs, et même tous les moteurs, le voltage se maintenait pratiquement constant.

Enfin, pour un débit obtenu, partie sur résistances, partie sur inductances, un réglage intermédiaire du rhéostat compensateur était nécessaire.

Le compoundage dépend donc, comme on le sait déjà, du facteur de puissance, $\cos\varphi$, du circuit d'utilisation. Dans la pratique, on prévoira le compoundage pour le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour la plus faible valeur possible de $\cos\varphi$. On en sera quitte pour agir de temps en temps, dans un sens ou dans l'autre, sur le petit rhéostat compensateur, pour parfaire le compoundage quand le facteur de puissance varie. Il ne serait d'ailleurs pas impossible d'imaginer un dispositif modifiant automatiquement ce compoundage, en obéissant aux variations mêmes de $\cos\varphi$.

J'ai constaté également que ce même alternateur, monté en monophasé, pouvait être compoundé d'une façon analogue. Il suffit alors d'un transformateur monophasé, et de deux paires de soupapes pour redresser le courant transformé.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau type de lampe à arc à cathode de mercure et à lumière blanche.* Note de MM. **E. Urbain**, **Cl. Scal** et **A. Feige**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons poursuivi l'étude des sources lumineuses en vue de la production des rayons ultraviolets [1].

On sait que pour toutes les sources lumineuses qui se rapprochent du radiateur intégral on a tout intérêt à obtenir des températures aussi élevées que possible (Lois de Stefan et de Wien).

Afin de réaliser un dispositif qui permette d'obtenir une très haute température, nous nous sommes adressés à l'arc électrique et nous avons cherché à faire jaillir un arc entre deux électrodes de tungstène, métal très réfractaire et dont le spectre, constitué par des raies serrées, s'étend aussi loin qu'on a pu le mesurer dans l'ultraviolet.

Nous avons constaté qu'il était impossible de faire jaillir un arc entre deux électrodes de tungstène lorsqu'on opère dans un gaz inerte. Une légère trace d'oxygène permet l'allumage, mais, dans ces conditions, il se forme des oxydes qui souillent les parois du ballon dans lequel on opère.

Nous avons alors étudié l'action des différents métaux à l'électrode négative tout en conservant notre anode de tungstène, et nous nous sommes arrêtés en dernier examen au mercure en opérant soit dans le vide, soit dans un gaz inerte, l'écartement existant entre les deux électrodes étant environ de 5^{mm}.

Dans les lampes connues à vapeur de mercure et à anode de fer, la distance qui sépare la cathode de l'anode est relativement considérable, le tube rayonne de l'énergie sur toute sa longueur, la vapeur de mercure devient luminescente et l'anode reste froide.

En rapprochant l'anode de fer à quelques millimètres du mercure comme nous le faisons avec le tungstène, il se produit un véritable arc; mais le fer porté à une trop haute température fond.

L'emploi d'une électrode de tungstène permet de former un arc dans lequel le mercure n'intervient en somme que pour la facilité de l'allumage. Cette électrode est portée à l'incandescence dans les meilleures conditions qu'on puisse actuellement obtenir et le transport du métal qui constitue

[1] E. Urbain, Cl. Scal et A. Feige, *Comptes rendus*, 28 février et 31 octobre 1910.

l'électrode positive, au pôle négatif, ne paraît pas sensible, ce qui est nécessaire au point de vue de la durée.

Le rendement lumineux de notre lampe est particulièrement élevé (0,45 watt par bougie); elle fonctionne sous une différence de potentiel de 12 volts; mais on peut, en augmentant la pression par un gaz inerte, augmenter le voltage.

En examinant le spectre de cette nouvelle source lumineuse, on voit qu'il est constitué par un spectre continu très lumineux, auquel se superposent les raies du mercure. Dans le spectre continu, le bleu très intense est encore renforcé par la raie du mercure, ce qui rapproche le ton de la lumière de celui du Soleil.

On a donc ainsi une source de lumière très blanche utilisable pour l'éclairage et avec laquelle, en opérant dans une enveloppe de quartz, on peut obtenir une source intense et très économique de rayons ultraviolets.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Vitesses de réaction dans les systèmes hétérogènes.* Note [1] de M. **J. Boselli**, présentée par M. H. Poincaré.

Lorsqu'une réaction se produit dans un système à plusieurs phases, la vitesse de cette réaction peut dépendre pratiquement d'un phénomène chimique en milieu homogène ou d'un phénomène physique de diffusion et de convection : donc, deux groupes de phénomènes. Comme exemple du premier, nous supposerons qu'on agite vivement une solution diluée de SO^4Fe pur dans une atmosphère de O^2; la combinaison chimique est lente; au contraire, au bout d'un temps relativement très court, la solution est pratiquement physiquement saturée de gaz; aussi la vitesse de réaction sera celle de la combinaison chimique dans la phase liquide pratiquement homogène par suite de l'agitation, la concentration de O^2 correspondant à la solubilité.

Comme exemple du deuxième, nous supposerons qu'on dissolve un morceau de MgO dans HCl dilué; la réaction chimique est une réaction d'ions pratiquement instantanée; aussi la vitesse de réaction dépend-elle seulement de la vitesse avec laquelle l'acide est amené par diffusion et convection vers la surface du solide.

---

(1) Présentée dans la séance du 23 janvier 1911.

Nos recherches sont relatives au deuxième groupe qui comprend les phénomènes suivants :

Vitesses de dissolution et de vaporisation :

Soit par exemple un système solide fluide; on imaginera une surface S tracée dans le fluide autour du solide à une distance un peu supérieure au rayon d'action des forces moléculaires; soit un élément dS; la vitesse de dissolution en cet endroit sera égale au produit par $\frac{1}{dS}$ de la quantité de matière dissoute traversant dans l'unité de temps l'élément dS; on introduira dans le système d'équations relatives à la diffusion avec convection la condition que les concentrations en S soient des fonctions connues de cette surface. A une distance aussi faible (de l'ordre de $35^{\mu\mu}$) la concentration est sans doute très sensiblement celle de saturation.

Vitesses de réaction avec combinaisons chimiques très rapides :

Soit encore le cas d'un système solide-fluide; les corps réagissants ne pouvant coexister au même point en quantité appréciable, on considérera certaines *surfaces de concentration nulle* vers lesquelles les corps réagissants seront amenés par diffusion et correction, la réaction ayant lieu dans une zone très étroite pouvant être confondue très sensiblement avec une surface.

Les mouvements d'un fluide auront deux origines distinctes. Ce fluide peut être d'ailleurs tranquille, mais des mouvements internes ascendants ou descendants se produiront par suite de phénomènes de diffusion détruisant l'équilibre hydrostatique, puisque les masses spécifiques des particules fluides aux différents points d'un plan horizontal coupant le fluide ne seront plus les mêmes.

Enfin le fluide pourra être animé de mouvements quelconques produits par des causes extérieures.

Nous ne pouvons exposer ici nos calculs, déduits des équations connues de la diffusion et de l'hydrodynamique; ces calculs seront d'ailleurs ultérieurement publiés. Les beaux travaux de M. Boussinesq sur le problème analogue de la diffusion avec convection de la chaleur nous ont indiqué la marche à suivre.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

1° Les parties fluides d'un système chimique sont d'ailleurs tranquilles, mais des mouvements internes se produisent par suite des différences de densité des particules fluides aux différents points d'un plan horizontal.

Lois. — La vitesse de dissolution ou de vaporisation d'un solide dans un fluide est proportionnelle, toutes choses égales, à une puissance un peu inférieure à $\frac{4}{3}$ de la différence entre la concentration moyenne du solide dissous à une distance excessivement petite de la surface de ce solide, et la

concentration générale dans le fluide; la vitesse est proportionnelle à la puissance $\frac{1}{3}$ environ du coefficient de diffusion dans le fluide du solide en solution.

2° Nous avons étudié un système composé par un solide et un fluide, en admettant que ce fluide est animé par rapport au solide d'un mouvement général rectiligne et uniforme. On suppose que les rayons de courbure du solide ne sont pas trop petits.

A. *Vitesse de dissolution.* — La vitesse de dissolution d'un corps est proportionnelle, toutes choses égales, à la racine carrée du coefficient de diffusion, à la racine carrée de la vitesse du courant général et à la différence de la concentration moyenne du solide dissous à une distance excessivement petite de la surface de ce solide et de la *concentration générale* dans le fluide (différence entre la concentration de saturation et la *concentration générale*).

B. *Vitesse de réaction avec combinaisons chimiques.* — Les lois précédentes sont applicables lorsque les combinaisons sont très rapides; il faut toutefois que la *surface de concentration nulle* se confonde sensiblement avec la surface du solide.

Dans les deux cas de vitesses de changement d'état et de vitesses de réactions chimiques, nous avons obtenu certaines expressions remarquablement simples des vitesses; par exemple, la vitesse de dissolution totale Q d'un plateau rectangulaire ABCD, parallèle au *courant général* du fluide, est de la forme

$$Q = 2By\sqrt{\frac{VKl}{\pi}};$$

l, longueur des arêtes BC et AD parallèles au courant; y, longueur des arêtes AB et DC; K, coefficient de diffusion; V, vitesse générale du courant fluide; B, différence entre la concentration de saturation et la *concentration générale* du fluide.

Si, au lieu d'un plateau rectangulaire, nous considérons un cercle de rayon R situé dans un plan parallèle au *courant général*, la vitesse de dissolution Q a pour expression

$$Q = 2^{\frac{5}{2}} R^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{VK}{\pi}} B \int_0^1 (1-\alpha^2)^{\frac{1}{4}} d\alpha.$$

Nous attirons l'attention sur ce fait que les deux expressions précédentes ne contiennent aucune constante arbitraire. Il n'en est pas de même dans la

théorie schématique de Nernst (*Zeits., f. physik. Chemie*, t. XLVII, nº 1), dite *théorie de la diffusion*; la *couche de passage*, figurant dans les formules de ce savant et impossible à déterminer expérimentalement, joue en réalité le rôle d'une constante arbitraire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Densité, coefficient de dilatation et variation de volume à la fusion des métaux alcalins.* Note de M. **Louis Hackspill**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Aucun travail d'ensemble n'a été publié sur cette question.

Voici les résultats obtenus jusqu'à ce jour par différents auteurs :

Cæsium. — Densité à l'état solide : 2,366 (Beketoff et Scherbatscheff) (1); 2,4000 (Menke) (2); $d_{26°} = 1,886$ (Eckart et Graefe) (3); $d_{27°}$ liquide $= 1,836$; $d_{40°} = 1,827$. Coefficient de dilatation à l'état liquide : 0,0003948 (Eckart et Graefe).

Rubidium. — Densité à $15° = 1,5220$ (Erdmann et Köthner) (4). Accroissement de volume à la fusion : $0^{cm^3},01657$ par gramme.

Potassium. — $d_{15°}^{15°} = 0,867$ (Gay-Lussac et Thénard) (5); $d_{18°}^{13°} = 0,875$; $d_{18°}^{18°} = 0,8766$ (H. Baumhauer); $d_{0°}^{0°} = 0,8629$; $d_{62°,1}$ solide $= 0,851$; liquide $= 0,8298$ (Vicentini et Omodei). Coefficient de dilatation linéaire à l'état solide de 0° à 50° : 0,000083; cubique à l'état liquide 70° à 110° : 0,0002991.

Sodium. — $d_{15°}^{15°} = 0,972$ (Gay-Lussac et Thénard); $d_{10°}^{10°} = 0,9743$ (Baumhauer); $d_{0°}^{0°} = 0,9724$ (Schröder); $d_{-188°} = 1,0066$ (Dewar) (6); $d_{97°,6}$ sol. $= 0,9519$; liq. $= 0,9287$ (Vicenti et Omodei). Coefficient de dilatation linéaire de $-190°$ à $+17°$: 0,0000622 (Dewar); de 0° à 50° : 0,000072 (Hagen) (7); liquide de 101° à 168° : 0,0002781 (Hagen).

La plupart de ces mesures ont été faites dans des dilatomètres de formes diverses contenant le métal alcalin et de l'huile de naphte, qui à chaud attaque toujours, plus ou moins suivant sa provenance, le rubidium et surtout le cæsium.

Cependant Hagen mesure directement la dilatation linéaire du sodium par la distance de deux traits marqués sur une tige de ce métal portée à

(1) Beketoff et Scherbatscheff, *Bl. Akad. Petersb.*, 5e série, t. I, 1894.
(2) Menke, *J. Am. chem. Soc.*, t. 21, 1899, p. 420.
(3) Eckart et Graefe, *Z. anorg. Chemie*, t. XXII, 1899, p. 158.
(4) *Ann. Chem. u. Pharm. Lieb.*, t. CCXCIV, 1899, p. 55.
(5) Gay-Lussac et Thénard, *Recherches physico-chimiques*, t. I, 1811, p. 74.
(6) Dewar, *Ch. News*, t. LXXXV, 1902, p. 289.
(7) Hagen, *Ann. Ph. Chem. Wied.*, t. XIX, 1883, p. 436.

différentes températures, et M. Dewar calcule sa densité par la poussée subie dans l'air liquide.

En observant certaines précautions et en opérant dans le vide le plus parfait que permette la pompe de Gœde, on peut arriver à distiller le métal alcalin ([1]) dans une ampoule soudée à l'extrémité supérieure de la tige du dilatomètre, d'où il coule par le capillaire jusque dans le réservoir.

Ce dernier étant rempli, on scelle la tige le plus près possible de l'ampoule et l'on a ainsi un véritable thermomètre dans lequel on observe le ménisque du métal, aux températures supérieures à son point de fusion. Il n'y a pas la moindre adhérence au verre, et la colonne ne se brise pas si les parois sont rigoureusement propres et privées de gaz par un chauffage prolongé dans le vide.

Si l'on a eu soin de calibrer préalablement l'appareil et de mesurer la dilatation apparente du mercure, il est facile de calculer le volume du métal à t^o et t'^o et par suite son coefficient de dilatation entre ces deux températures.

Pour l'état solide, il est nécessaire de remplir incomplètement le réservoir et de terminer avec un liquide de coefficient connu (pentane, toluène, naphte). Cette opération se fait par une soudure latérale pratiquée dans l'ampoule au-dessus du capillaire; elle communique, par un très bon robinet, avec un tube fermé à une extrémité contenant du pentane par exemple.

On commence par faire le vide dans tout l'appareil, le liquide étant refroidi à -180^o, puis on ferme le robinet, on chauffe une heure environ en continuant à faire fonctionner la pompe, on distille le métal, puis le pentane en ouvrant le robinet et refroidissant par un jet de chlorure de méthyle la tige et le réservoir du dilatomètre qu'on sépare ensuite par un trait de chalumeau. Après avoir étudié la dilatation apparente du système à différentes températures, on pèse le tout, puis l'extrémité de la tige étant coupée, on la mastique dans un tube un peu plus large et l'on chasse complètement le liquide par distillation dans le vide, on scelle de nouveau le capillaire au-dessous du masticage, et l'on pèse les fragments de tige nettoyés, lavés et séchés, avec le réservoir contenant le métal. En enlevant ce dernier soit par lavage à l'alcool soit par distillation, on a le poids du verre.

Le volume du métal à t^o est donné par la différence entre le volume total

---

([1]) Le métal employé était préparé par la réduction du chlorure par le calcium. (Hackspill, *Comptes rendus*, t. **141**, 1905, p. 106).

à la division n à t^o et celui occupé par le liquide à cette température. Le même dispositif peut servir pour mesurer la variation de volume au moment de la fusion. Cependant en ce qui concerne le sodium qui fond relativement haut (96°, 5), il est préférable de déterminer la densité à l'état solide à 96°, 5; une enveloppe thermométrique remplie de métal jusqu'à la division n dont le volume est connu, permettant de calculer la densité à l'état liquide à cette même température simplement en pesant son contenu.

Les dimensions des dilatomètres employés peuvent varier entre d'assez larges limites. De bons résultats sont obtenus avec une tige de $0^m,20$ de long, $0^m,001$ de diamètre intérieur graduée en 200 divisions dont le rapport au volume du réservoir est environ $\frac{1}{2500}$.

Les nombres obtenus sont les suivants :

Cæsium.

Densité à 0°	1,9029
Coefficient de dilatation à l'état solide	0,000291
» » liquide (de 28° à 50°)	0,000341
» » » (de 50° à 123°)	0,000348
Augmentation de volume à la fusion (pour 100)	2,32

Rubidium.

Densité à 0°	1,5248
Coefficient de dilatation à l'état solide	0,00027
» » liquide (de 40° à 140°)	0,000339
Augmentation de volume à la fusion (pour 100)	2,28

Potassium.

Densité à 0°	0,859
Coefficient de dilatation à l'état solide (de 0° à 58°)	0,00025
» » liquide (de 70° à 100°)	0,000280
» » » (de 100° à 150°)	0,000285
Augmentation de volume à la fusion (pour 100)	2,42

Sodium.

Densité à 0°	0,9725
» 96°,5	0,9385
Coefficient de dilatation à l'état solide (de 0° à 80°)	0,000216
» » liquide (de 100° à 180°)	0,000275
Augmentation de volume à la fusion (pour 100)	1,50

En résumé, en traitant les métaux alcalins comme un liquide, il est possible de mesurer leurs coefficients de dilatation dans des enveloppes thermométriques avec plus de précision que lorsqu'on opère dans un

pétrole à coefficient de dilatation environ dix fois supérieur à celui du métal.

La densité du cæsium déterminée, en se servant de pentane pur, se rapproche beaucoup plus de celle donnée par Eckart et Graefe que du nombre de Menke.

Le coefficient de dilatation du rubidium solide, qui n'avait pas encore été déterminé, est inférieur à celui du cæsium et supérieur à celui du potassium. Enfin l'augmentation de volume à la fusion est plus grande pour le potassium que pour les autres métaux; ensuite viennent, dans l'ordre décroissant, le cæsium, le rubidium, puis le sodium.

Le toluène et le benzène sont rapidement attaqués par le cæsium liquide sans aucun dégagement gazeux; l'étude du composé qui se forme dans cette réaction est actuellement poursuivie.

PHYSICO-CHIMIE. — *Photolyse des acides à fonction complexe par les rayons ultraviolets. Action des sels d'uranium comme catalyseurs lumineux.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. É. Jungfleisch.

Acides bibasiques : *Série normale; corps à l'état solide.* — Leur type de décomposition est simple et caractéristique; l'acide bibasique se dédouble en anhydride carbonique et acide monobasique. Ainsi l'acide oxalique COOH — COOH se dédouble en gaz carbonique et acide formique H.COOH. De même l'acide malonique $CO^2H.CH^2.CO^2H$ se transforme en acide acétique $CH^3.CO^2H$ (¹); l'acide succinique $CO^2H(CH^2)^2.CO^2H$ en acide propionique $C^2H^5.CO^2H$; l'acide pyrotartrique en acide butyrique. La réaction paraît se continuer régulièrement avec les termes supérieurs, tels que les acides adipique $CO^2H(CH^2)^4CO^2H$ et subérique $CO^2H(CH^2)^6.CO^2H$, le seul gaz dégagé étant CO^2.

Quand l'action lumineuse est prolongée, les acides monobasiques formés

(¹) Dans le cas spécial de l'acide malonique (et de ses dérivés les acides alkylmaloniques) dont les deux groupements acides COOH sont liés à un même atome de carbone, la chaleur produit ce même dédoublement dès la température de 100°. Nous avons eu soin, dans toutes ces expériences sur les acides complexes, de refroidir les tubes au-dessous de 40° et de nous assurer, par des essais comparatifs à l'étuve, que les décompositions étaient dues à la lumière seule.

(formique, acétique, etc.) subissent à leur tour une photolyse partielle, suivant le schéma déjà décrit (*Comptes rendus*, t. 151, p. 478 et 1349), mais les produits secondaires sont en faible proportion par rapport aux produits primaires [quelques centièmes avec les acides oxalique, malonique, succinique [1]; quantité insensible avec les termes élevés comme l'acide adipique].

En *solution aqueuse*, la photolyse des acides bibasiques donne les mêmes produits. C'est une nouvelle vérification de la loi que nous avons énoncée (*loc. cit.*) et dont nous avons donné de nombreux exemples [eau liquide ou en vapeur; ammoniaque gazeux ou dissous; corps organiques (formol, cétones, acides, sels) purs ou en solution aqueuse]. *Quel que soit l'état physique d'un corps (gazeux, solide, liquide ou dissous), son mode de décomposition par les rayons ultraviolets est le même.* La décomposition par la lumière (photolyse) apparaît ainsi comme plus générale que celle par l'électricité (électrolyse) qui ne s'exerce que sur les corps en solution aqueuse. Les rayons ultraviolets ionisent et photolysent aussi bien les corps solides, dont ils pulvérisent la surface, que les corps gazeux ou liquides, à l'intérieur desquels ils produisent des centres électrisés.

Série éthylénique. Acides maléique et fumarique solides :

$$CO^2H.CH:CH.CO^2H.$$

Leur photolyse donne, pour l'un comme pour l'autre, un mélange contenant $\frac{9}{10}$ d'acide carbonique et $\frac{1}{10}$ d'oxyde de carbone; ce dernier gaz provenant peut-être d'une décomposition secondaire d'acide acrylique formé. La quantité de gaz dégagé par l'acide maléique dont les deux groupements acides COOH sont rapprochés (position *cis*) est 5 fois et demie aussi grande que celle dégagée par l'acide fumarique, dont les deux carboxyles COOH sont plus éloignés (position *trans*).

Acides cétoniques. — Les acides cétoniques sont peu stables vis-à-vis de la chaleur, mais, tandis que les acides α et β-cétoniques donnent, dès 80° à 100°, des aldéhydes ou des cétones par perte de CO^2, les acides γ-cétoniques donnent des lactones par perte de H^2O.

---

(1) Toutefois, quand l'acide oxalique, malonique ou succinique est à l'état dissous (voir plus loin), qui est plus favorable que l'état solide à l'action de la lumière dans la masse et à la diffusion des premiers corps formés, les produits secondaires prennent naissance plus rapidement et en plus grande quantité.

La lumière ultraviolette décompose l'acide pyruvique $CH^3.CO.CO^2H$ (acide α-cétonique), dont les deux fonctions acide et cétone sont voisines, de la même manière que la chaleur, mais beaucoup plus lentement; le seul gaz dégagé est CO^2.

Quant à l'acide lévulique $CH^3.CO.CH^2.CH^2.CO^2H$ (acide γ-cétonique), sa décomposition est différente; le gaz dégagé contient 30^{vol} de CO^2, gaz caractéristique des acides; 33^{vol} de carbures gazeux et 37^{vol} de CO, gaz caractéristiques des cétones. Quand les deux fonctions acide CO^2H et cétone CO ne sont pas contiguës, la photolyse les attaque donc séparément, comme elle ferait pour un mélange d'un acide et d'une cétone.

Acides alcools. — L'acide lactique $CH^3.CHOH.CO^2H$ dégage $65^{vol}CO^2 + 9^{vol}CO + 18^{vol}H^2 + 8^{vol}CH^4$. Cette proportion de CO^2 est supérieure à celle des acides monobasiques, à fonction simple, bien que la fonction alcool ne dégage pas de CO^2.

Le rapprochement de ces faits montre que *les acides linéaires complexes, où la fonction acide est jointe à une fonction oxygénée, ont une tendance à être décomposés par la lumière avec dégagement d'anhydride carbonique.*

Action des sels d'uranium comme catalyseurs lumineux. — Nous avons recherché si l'activité chimique de la lumière serait modifiée par l'addition de corps fluorescents ou radioactifs. Nous avons essayé l'azotate d'urane, l'acétate d'urane, le sulfate de thorium, le chlorure de baryum radifère, le platinocyanure de baryum, la fluorescéine, l'éosine, l'esculine et le sulfate de quinine. Sur les corps à fonction simple, tels que l'alcool éthylique et l'aldéhyde éthylique (soit purs, soit en solution aqueuse), la photolyse a été diminuée, vraisemblablement parce que les corps fluorescents sont des dégradateurs d'énergie lumineuse, qui transforment, d'après la loi de Stokes, les vibrations ultraviolettes en vibrations moins rapides et chimiquement moins actives sur ces corps; sur l'acide acétique (pur ou dissous) l'action a été nulle.

Enfin, nous avons essayé en solution aqueuse les acides complexes (bibasiques normaux, maléique, fumarique, cétoniques). Le résultat a été négatif avec les corps fluorescents cités plus haut, sauf avec les sels d'urane, qui, sans changer les produits de la réaction, ont constamment de quadruplé à sextuplé le dégagement gazeux. L'activation a lieu pour de très faibles doses de sel d'uranium et reste la même quand on en fait varier

la concentration de 1 à 20. Ce sont là les caractères d'une action de présence ou catalyse ([1]).

L'action catalytique des sels d'uranium paraît tenir à un phénomène de *résonance photochimique*, par lequel les vibrations éthérées amplifient, jusqu'à rupture des liens chimiques, les vibrations des atomes matériels. On sait, comme H. Becquerel l'a montré, que les spectres des sels d'uranium sont d'une régularité qui ne se retrouve au même degré chez aucun autre corps : leurs vibrations représentent la série des harmoniques d'une note lumineuse fondamentale; or, il est bien connu en mécanique et en électricité que c'est dans des cas de ce genre que les mouvements vibratoires s'amplifient par résonance jusqu'à rupture d'équilibre. On rencontre ici, dans le domaine photochimique, un phénomène du même ordre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un manganitartrate vert cristallisé.* Note de MM. **A. Job** et **P. Goissedet**, présentée par M. Troost.

L'un de nous a étudié l'action de l'air sur l'hydrate manganeux dissous dans le tartrate de sodium et démontré qu'il y a simultanément formation d'un composé manganique et fixation d'oxygène sur l'excès de tartrate, selon la loi du mi-partage ([2]). En outre il avait observé que la liqueur rouge obtenue de la sorte se décolorait peu à peu en laissant déposer des cristaux verts. Nous avons repris la préparation de ce composé vert, déterminé sa formule, et reconnu quelques-unes de ses propriétés.

La préparation est extrêmement simple. On dissout d'une part 450^g de tartartre de sodium dans 1^l d'eau; d'autre part, 18^g de sulfate manganeux cristallisé dans 20^{cm^3}, et l'on agite la première solution en y versant lentement la seconde. Le précipité qui se forme d'abord se redissout dans l'excès de tartrate et donne une liqueur rose. On met alors cette liqueur dans une atmosphère d'oxygène et, en l'agitant violemment, on y ajoute par petites fractions une centaine de grammes de soude dissous dans 250^{cm^3} d'eau. Dès les premiers instants, on voit apparaître de l'hydrate manganeux qui rentre en dissolution, puis s'oxyde et communique à la liqueur une coloration rouge. Le composé manganique ainsi produit est abondamment soluble, si bien qu'en ménageant une oxydation assez rapide, on peut, en un quart d'heure, introduire toute la dose de

---

([1]) Ces traits différencient l'action des sels d'uranium de celle des sels de fer que nous avons également étudiés et qui interviennent par leur affinité chimique propre, ainsi que par leur masse, et en changeant les produits des réactions.

([2]) L'étude a été faite parallèlement à celle de l'hydrate de cobalt (voir *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1044 et suiv.).

soude. Et, dès lors, on commence à voir apparaître de petits cristaux verts. Mais il n'y a pas avantage à les préparer aussi vite. Mieux vaut obtenir des cristaux plus gros, plus nets et plus faciles à essorer. Pour cela, on interrompt l'opération précédente dès qu'on a versé la moitié de la soude, et l'on abandonne la liqueur rouge à elle-même sous pression d'oxygène. Le lendemain, elle dépose le produit cristallisé.

Les cristaux verts sont hydratés. Si on les chauffe à l'étuve à 120°, ils perdent 30 pour 100 de leur poids d'eau et deviennent mordorés. Il ne faut pas beaucoup dépasser cette température, sinon il y a réaction de l'oxygène manganique sur le tartrate et le composé se détruit. D'ailleurs, dans tous nos dosages, nous avons pris soin d'éviter cette réaction interne de l'oxygène sur le tartrate, et cette précaution ajoute quelque difficulté à l'analyse. Néanmoins nous avons obtenu des résultats très concordants. Nous avons dosé séparément l'eau, l'oxygène actif, le manganèse, le sodium et l'acide tartrique. Pour le dosage de l'acide tartrique, nous avons appliqué une méthode nouvelle qui nous a paru commode et sûre. L'acide tartrique réduit le nitrate cérique ammoniacal. La décoloration en liqueur nitrique est très nette, et à 60° elle est assez rapide pour permettre un dosage volumétrique. Chaque molécule d'acide tartrique consomme exactement 3^{at} d'oxygène actif et se transforme en acide carbonique et acide formique.

On trouve pour 1^{at} de manganèse 2^{mol} d'acide tartrique et 5^{at} de sodium, et tous les résultats analytiques se résument très bien par la formule suivante (1):

$$\begin{array}{l} \mathrm{COONa-CHO-CHO-COONa} \\ \qquad\qquad\quad \rangle\mathrm{Mn}\diagup \qquad\qquad\qquad + 11\,H^2O. \\ \mathrm{COONa-CHO-CHONa-COONa} \end{array}$$

Nous avons dit que ces cristaux verts se déposaient d'une solution rouge. Le composé vert n'existe-t-il donc qu'à l'état solide? En vérité, quand on le met en présence de l'eau pure, il se dissout en un liquide rouge, puis le liquide (dont la réaction est alcaline) se trouble et laisse déposer un hydrate manganique. Mais on peut retarder cette décomposition : il suffit de dissoudre le sel vert dans une solution de tartrate alcalin. La coloration de la liqueur varie alors selon la concentration du tartrate. A mesure qu'on prend un dissolvant plus riche en tartrate, la teinte rouge s'atténue, passe

(1) Analyse :

	Calculé.	Trouvé.
Manganèse (dosé directement)............	8,34	8,24
Manganèse trivalent (par l'oxygène actif)...	8,34	8,25
Sodium..............................	17,42	17,24
Acide tartrique........................	45,4	45,1
Eau.................................	30	29,5

au brun, puis au vert olive. Cette influence du tartrate s'interprète aisément par l'hypothèse suivante qui s'accorde avec notre formule. Le composé vert est formé de deux molécules tartriques associées par un atome de manganèse. Dès qu'on le met en présence de l'eau, il se dissocie en deux molécules simples, l'une de tartrate alcalin, l'autre de manganitartrate rouge ([1]). Un excès de tartrate alcalin fait rétrograder cette dissociation et stabilise le complexe vert. Ce n'est pas tout; la stabilité du complexe vert dépend aussi beaucoup de l'alcalinité du milieu. Dès qu'à la liqueur verte on ajoute un très léger excès de soude, on la voit virer au rouge. Et, en ramenant la neutralité par un courant de gaz carbonique, on la fait verdir à nouveau. D'autre part, si sur la liqueur verte on prolonge l'action du gaz carbonique ([2]), la couleur verte disparaît peu à peu, et finit par faire place à une nouvelle coloration rouge différente de la première ([3]). La stabilité du complexe vert est donc soumise à des conditions très étroites de neutralité. C'est en présence d'un carbonate neutre alcalin qu'il paraît le plus stable.

Il nous reste à expliquer encore une singularité : les solutions vertes ne laissent pas déposer de cristaux verts. Pour les voir apparaître, il faut maintenir l'alcalinité, et, par suite, la couleur rouge de la liqueur. Et quand ils se sont formés en milieu alcalin, il suffit de ramener la neutralité (à l'aide de l'acide carbonique) pour les voir rentrer en dissolution. C'est que le composé vert cristallisable subit, même au sein d'une solution concentrée de tartrate, un nouveau genre de dissociation. On remarque dans sa formule un cinquième atome de sodium ([4]) que nous avons rattaché à une fonction alcool. Cet atome ne peut demeurer dans la molécule qu'à la faveur d'un excès d'alcali. Dès qu'on neutralise le liquide, il se détache par hydrolyse, et la molécule, sans perdre la coloration verte, acquiert la solubilité. Dans les liqueurs manganiques riches en alcali, les molécules vertes complexes sont, à la vérité, dans un état de dilution extrême (d'où la coloration rouge). Mais le composé vert cristallisable y existe, et, comme il

---

([1]) Probablement COONa — CHO — CHO — COONa.
Mn(OH)

([2]) Le même effet peut être obtenu avec un acide faible quelconque.

([3]) En liqueur acide il se forme sans doute des composés analogues à ceux qu'ont décrits Descamps et Baudran (*Comptes rendus*, t. 70, p. 813, et *Annales de Chimie et de Physique*, 1900, t. XIX, p. 568).

([4]) Ce n'est pas là un fait isolé. Bullnheimer et Seitz ont obtenu un composé analogue avec le cuivre (*Berichte*, t. XXXIII, 1900, p. 817).

est extrêmement peu soluble, il peut se séparer à mesure qu'il se forme jusqu'à l'épuisement presque complet de ces liqueurs.

Il nous a paru intéressant de signaler ces changements de couleur dus à la formation de complexes autour du manganèse trivalent. Nous cherchons actuellement si des phénomènes analogues ne peuvent être observés sur d'autres éléments dans le milieu tartrique et sur le manganèse lui-même dans d'autres milieux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des chlorures des acides α-alcoxylés sur les dérivés organométalliques mixtes du zinc.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **L. Picard**, présentée par M. A. Haller.

Les chlorures des acides α-alcoxylés devraient, normalement, réagir sur les dérivés organométalliques mixtes du zinc pour donner des cétones α-alcoxylées déjà obtenues antérieurement par M. Sommelet à l'aide d'une autre méthode. L'étude de la réaction nous a montré que ces cétones prennent, en effet, naissance dans certains cas, mais qu'il se produit, en même temps, une autre réaction d'où résulte la formation d'un éther-oxyde.

Celui-ci se produit par élimination de 1^{mol} d'oxyde de carbone, aux dépens du chlorure d'acide, avec formation intermédiaire d'un éther-oxyde chloré qui réagit ensuite normalement sur le dérivé organométallique :

$$R - O - CH^2 - CO - Cl = R - O - CH^2Cl + CO,$$
$$R - O - CH^2 - Cl + R' - Zn - I = ZnICl + R - O - CH^2 - R'.$$

Il y a lieu de remarquer que l'éther-oxyde obtenu dérive, par l'un de ses alcoyles, d'un alcool homologue supérieur de celui qui correspond au dérivé organométallique employé.

A quelle cause peut-on attribuer l'élimination d'oxyde de carbone aux dépens du chlorure d'acide? Nous avons reconnu qu'au cours même de la préparation et de la distillation de certains chlorures d'acides α-alcoxylés bruts, l'élimination d'oxyde de carbone a déjà lieu, alors que les chlorures correspondants, isolés à l'état pur, distillent dans le vide sans aucune altération. Le dégagement gazeux a, d'ailleurs, une importance variable, suivant le degré de pureté du chlorure de thionyle employé pour transformer l'acide en chlorure. Il y a donc lieu de penser que le dédoublement oxycarboné est, dans ce cas, de nature catalytique et dû à des impuretés du chlorure de thionyle. Il semble très probable qu'il doit en être de même dans la condensation des chlorures α-alcoxylés avec les dérivés organo-zinciques

mixtes, ces derniers agissant comme catalyseurs vis-à-vis des premiers.

Nous avons fait varier, dans ces recherches, d'une part, la constitution du chlorure d'acide, et, d'autre part, celle du dérivé organo-zincique. Nous avons ainsi été conduits aux conclusions suivantes, en ce qui concerne les chlorures d'acides de la forme $R - O - CH^2 - COCl$:

1° Il se forme d'autant plus d'éther-oxyde et d'autant moins de cétone que la température de réaction est plus élevée.

2° Dans les mêmes conditions opératoires, le rendement en oxyde tend à croître à mesure que le poids de l'alcoyle du dérivé organo-zincique augmente; tandis que le rendement en cétone suit la progression inverse, et plus rapidement. C'est ainsi que dans l'action du chlorure d'éthoxyacétyle sur l'iodure de zinc-*n*-heptyle, on ne peut isoler que l'oxyde d'éthyle et de *n*-octyle.

3° Si, au contraire, le radical du dérivé organozincique est cyclique, le dérivé cétonique est seul isolable. Avec le chlorure d'éthoxyacétyle et le bromure de zinc-*p*-tolyle, on obtient exclusivement l'éthoxyméthyl-*p*-tolylcétone (liquide : éb. 135° sous $9^{mm},5$; *p*-nitrophénylhydrazone : fusion 80°; oxime : fusion 57°).

4° La variation du radical alcoolique de la fonction éther-oxyde du chlorure d'acide modifie très notablement les résultats. Lorsque ce radical augmente de poids, le rendement en produit cétonique s'accroît, tandis que le rendement en éther-oxyde diminue. Si, d'ailleurs, ce radical est cyclique, l'éther-oxyde disparaît et la cétone est le seul produit qu'on puisse isoler. En traitant le chlorure d'α-isobutoxyacétyle (éb. 48° sous 10^{mm}) par l'iodure de zinc-éthyle, on obtient 10 pour 100 seulement d'oxyde de *n*-propyle et d'isobutyle (éb. 105°-106°) et 50 pour 100 environ d'isobutoxyméthyl-éthylcétone (éb. 68°-69° sous 13^{mm}; semicarbazone : fusion 72°; oxime : éb. 116°-117° sous 14^{mm}). Le chlorure de phénoxyacétyle, dans le même cas, ne donne que la phénoxyméthyl-éthylcétone (éb. 129° sous 14^{mm}; semicarbazone : fusion 102°; *p*-nitrophénylhydrazone : beaux prismes rouges à reflets violets, fusion 153°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde α-bromocrotonique*. Note de M. **P.-L. Viguier**, présentée par M. A. Haller.

J'ai déjà indiqué [1] que l'aldéhyde α-bromocrotonique donnait des dérivés cristallisés avec les réactifs habituels de la fonction aldéhydique.

---

(1) P.-L. Viguier, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 404.

J'ai constaté ultérieurement que la présence dans la molécule d'un atome de brome et d'une double liaison entraînait, dans plusieurs cas, des réactions secondaires : la présente Note résume les résultats obtenus.

I. *Hydroxylamine et semicarbazide.* — L'oxime et la semicarbazone bromocrotoniques s'obtiennent facilement en agitant l'aldéhyde, ou simplement son acétal, avec la quantité calculée de chlorhydrate d'hydroxylamine ou de semicarbazide en solution aqueuse : le précipité cristallin obtenu est purifié par une nouvelle cristallisation dans l'alcool.

L'*oxime* fond à 110°-111° et se décompose brusquement vers 130°; elle s'altère peu à peu à froid et se transforme alors en une masse pâteuse brune.

La *semicarbazone* fond à 228°-230° en se décomposant; elle se conserve à froid sans altération.

II. *Hydrazine. Synthèse du 5-méthylpyrazol*

$$\begin{array}{l} CH^3 - C = CH \\ \quad NH \diagdown \quad \diagup CH. \\ \qquad\quad N \end{array}$$

— Les tentatives faites pour isoler l'azine bromocrotonique ont échoué. Mais si l'on verse goutte à goutte l'aldéhyde (1^{mol}) dans une solution alcoolique refroidie d'hydrate d'hydrazine (2^{mol}), il se produit une réaction très vive. Le mélange est ensuite séché sur du carbonate de potasse, puis distillé : après le départ de l'alcool et de l'excès d'hydrazine, on recueille entre 195° et 205° un liquide incolore, miscible à l'eau, d'odeur spéciale. Ce corps donne avec le nitrate d'argent et le bichlorure de mercure des dérivés cristallisés fondant respectivement à 121° et à 168°-170°; traité par le mélange sulfo-nitrique il donne un dérivé nitré fondant à 134°. Cet ensemble de faits concorde bien avec les propriétés connues du 5-méthylpyrazol ([1]); la formation de ce corps s'explique facilement, et l'on connaît d'ailleurs beaucoup d'exemples de synthèses analogues du noyau pyrazolique.

III. *Phénylhydrazine.* — Une solution de chlorhydrate de phénylhydrazine, ajoutée peu à peu à la quantité correspondante d'aldéhyde en solution aqueuse étendue, donne un précipité blanchâtre qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool tiède : on obtient ainsi la *phénylhydrazone bromocrotonique* en lamelles incolores fondant en se décomposant à 124°-125°. Mais cette phénylhydrazone est extrêmement altérable; elle brunit à froid en quelques jours, et sa solution alcoolique se détruit fréquemment quand

([1]) Knorr, *Lieb. Ann.*, t. CCLXXIX, 1894, p. 225.

on essaie de la concentrer à chaud. J'ai étudié l'action de la potasse et de la phénylhydrazine en excès sur cette phénylhydrazone.

1. *Action de la potasse. Synthèse du 1-phényl-5-méthylpyrazol*

$$\begin{array}{l} CH^3-C=\!=CH \\ C^6H^5-N\diagdown\!\diagup CH \cdot \\ \quad\quad\quad N \end{array}$$

— La potasse, en solution alcoolique, réagit à froid sur la phénylhydrazone avec dégagement de chaleur et précipitation de bromure de potassium. Après 24 heures on chasse l'alcool; il reste un liquide coloré qui semble se détruire à la distillation, mais qu'on peut redistiller ensuite sans altération. Ce liquide bout en majeure partie de 250° à 255°; il donne un chloroplatinate fondant à 198°-199° en se décomposant; traité par l'iodure d'éthyle, à 100°, en tube scellé, il donne un dérivé cristallisé en aiguilles incolores fondant à 207°; oxydé par le permanganate de potasse en solution alcaline, il donne un acide fondant à 183°. Ces propriétés sont bien celles du 1-phényl-5-méthylpyrazol [1]; sa formation s'explique immédiatement.

2. *Action de la phénylhydrazine en excès.* — Si l'on chauffe au bain-marie 1^{mol} de phénylhydrazone avec 2^{mol} de phénylhydrazine en solution hydro-alcoolique, la solution brunit, puis se trouble et dépose une huile qui, après refroidissement, se solidifie lentement. Le composé obtenu cristallise dans l'éther de pétrole en prismes orangés insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, fondant à 117°-119°, inaltérables à froid. Ce composé ne contient plus de brome; l'analyse lui assigne la formule $C^{16}H^{18}N^4$, ce qui correspond à l'enlèvement à la phénylhydrazone de 1^{mol} d'acide bromhydrique, suivi de la fixation de 1^{mol} de phénylhydrazine

$$\begin{aligned} CH^3-CH=CBr-CH=N-NHC^6H^5+2C^6H^5NHNH^2 \\ =C^{16}H^{18}N^4+C^6H^5NHNH^2, HBr. \end{aligned}$$

On obtient plus facilement le même dérivé en faisant agir la phénylhydrazine en excès directement sur l'acétal bromocrotonique; je n'ai pas encore pu élucider sa constitution.

IV. *Uréthane.* — En faisant agir à froid, en solution éthérée ou aqueuse, l'aldéhyde bromocrotonique ou son acétal sur l'uréthane en excès, en présence d'un peu d'acide chlorhydrique, on obtient un dérivé insoluble dans l'eau, cristallisant dans l'alcool en fines aiguilles incolores fondant à 124°-125° sans décomposition. L'analyse et la cryoscopie assignent à ce corps la formule brute $C^{13}H^{24}O^6BrN^3$, ce qui correspond à la fixation de 3^{mol} d'uréthane sur 1^{mol} d'aldéhyde bromocrotonique, avec élimination de 1^{mol} d'eau. L'intérêt de ce corps est d'être actuellement, parmi les dérivés de l'aldéhyde bromocrotonique, le seul qui, à la fois, soit stable et possède un point de fusion bien défini.

---

(1) STOERMER et MARTINSEN, *Lieb. Ann.*, t. CCCLII, 1907, p. 333.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de l'indène.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **Ch. Courtot**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons reconnu que le groupement CH^2 de l'indène présente une acidité suffisante pour qu'il soit possible, avec quelques précautions spéciales qui seront décrites ailleurs, de le faire réagir sur un organomagnésien, à la façon des hydrocarbures acétyléniques vrais, conformément à l'équation suivante :

CH, CH, C, CH, CH, CH, C, CH, CH^2 $+ C^2H^5MgBr =$ CH, CH, C, CH, CH, CH, C, CH, CH — MgBr $+ C^2H^6$

Ce nouvel organomagnésien est à peu près insoluble dans l'éther et peu soluble à froid dans les hydrocarbures aromatiques. Nous avons, jusqu'à présent, mis ses aptitudes réactionnelles en évidence par oxydation, carbonatation et condensation avec la fluorénone et la benzophénone.

α-Indénol. — L'oxydation à froid nous a donné, conformément au processus habituel, un alcool fixant le brome qui doit être l'*α-indénol* (I). Il bout vers 140° sous 10^{mm}, en se déshydratant partiellement et, après recristallisation dans un mélange d'éther et de ligroïne légère, il se présente en petits prismes jaunâtres fusibles à 57°-58°.

CH, CH, C, CH, CH, CH, C, CH, CHOH (I).

CH, CH, C, CH, CH, CH, CH, CH — CO^2H (II).

Acide α-indènecarbonique. — La carbonisation a été effectuée dans le toluène, à la température de 100°. Après hydrolyse, on extrait l'acide suivant la technique courante.

(¹) Présentée dans la séance du 23 janvier 1911.

L'acide *α-indènecarbonique* (II) est facilement soluble dans les dissolvants habituels, sauf la ligroïne légère. Après 5 ou 6 cristallisations légères dans le benzène ou dans un mélange de chloroforme et d'éther de pétrole, il se présente en jolies aiguilles prismatiques, teintées encore en chamois clair et fusibles à 161°. Rendement : 86 pour 100 par rapport à l'indène disparu.

α-Indénylfluorénol tertiaire. — La fluorénone ne réagit sur le magnésien de l'indène qu'à température assez élevée et nous avons dû opérer à 120° dans le xylène. Dans ces conditions, le rendement est à peu près intégral.

L'*α-indénylfluorénol tertiaire* (III) ainsi obtenu cristallise dans le mélange d'éther et de ligroïne en aiguilles incolores fusibles à 151°-152°. Son étude est en cours.

```
        CH                          CH
  CH       C      CH          CH       C      CH
  CH       C      CH          CH       C      CH
        CH    CH                    CH    CH
        CH   C.OH  CH               CH   C.OH  CH
  CH       C    C      CH     CH       C    C       CH
  CH       C    C      CH     CH      CH    CH      CH
        CH          CH              CH          CH
           (III).                       (IV).
```

α-Indényldiphénylcarbinol. — La benzophénone réagit facilement sur le magnésien de l'indène, dans le toluène, vers 100°. Après le traitement habituel, il reste une huile rougeâtre qui cristallise en grande partie. Les cristaux, recristallisés dans l'éther, constituent des tables parallélogrammes faiblement jaunâtres et fusibles à 131°-132°. L'analyse répond à la formule de l'*α-indényldiphénylcarbinol* (IV).

Diphénylbenzofulvène. — L'huile séparée des cristaux est sans doute un mélange de notre alcool et de son produit de déshydratation. Nous avons complété cette déshydratation en ajoutant de l'acide chlorhydrique concentré à la solution méthylique bouillante. Il se sépare une huile qui se concrète par refroidissement. En recristallisant plusieurs fois dans l'alcool chaud, on obtient de belles paillettes jaune orangé, fusibles à 111°-112°. Son analyse et son mode de production assignent à cet hydrocarbure la formule (V) et, d'après ce que nous savons sur les hydrocarbures colorés, il est normal que celui-ci le soit.

On voit, en effet, que tous les hydrocarbures que nous pourrons obtenir par la méthode précédente seront des dérivés de substitution de l'hydro-

carbure (VI) encore hypothétique, mais que nous espérons pouvoir préparer. Or cet hydrocarbure résulte de l'association de l'hypothétique *fulvène* de Thiele (VII) avec le noyau benzénique. Pour nous conformer à la nomenclature actuelle et rappeler en même temps les belles recherches du savant allemand, nous proposons de nommer cet hydrocarbure fondamental *benzofulvène*.

CH / CH C CH / CH C CH / CH C / $C^6H^5 - C - C^6H^5$

(V).

CH / CH C CH / CH C CH / CH C / CH^2

(VI).

CH CH / CH CH / C / CH^2

(VII).

Celui dont nous signalons aujourd'hui la synthèse sera alors le *diphénylbenzofulvène*.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude des diverses applications de magnésien de l'indène. En outre notre procédé d'obtention de ce dérivé paraît pouvoir s'appliquer à d'autres corps présentant un atome d'hydrogène faiblement acide. C'est ainsi que nous avons pu obtenir un dérivé magnésien du fluorène, dont l'étude est en cours, et que nous espérons étendre la méthode au dihydrure de naphtalène et à l'anthracène ou à son dihydrure.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'azote et la chlorophylle dans les galles et les feuilles panachées.* Note de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Diverses considérations m'ont amené récemment (¹) à l'hypothèse que les galles végétales sont déterminées par des phénomènes de digestion, s'exerçant en particulier sur les substances protéiques des cellules attaquées; j'ai déjà apporté à l'appui de cette manière de voir quelques faits relatifs à une augmentation notable des matières azotées solubles dans les

(¹) M. Molliard, *Remarques physiologiques relatives au déterminisme des galles* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, t. LVII, 1910, p. 25).

cécidies produites par le *Phyllocoptes Convolvuli* Nal. sur les feuilles de *Convolvulus arvensis* L. et par le *Livia Juncorum* Latr. sur le *Juncus lamprocarpus* Ehrh.; j'ai depuis étendu mes recherches à un plus grand nombre de galles, et dans le Tableau qui suit j'ai porté les quantités d'azote total et d'azote soluble contenues dans 100g de feuilles normales et 100g de galles desséchées et débarrassées de leurs parasites (sauf impossibilité, comme il arrive pour les cécidies produites par des Acariens sur le *Galium Mollugo* et sur le *Geranium sanguineum*); j'ai de plus procédé parallèlement à quelques dosages relatifs aux fruits dont la comparaison avec les galles est si séduisante. Feuilles, fruits, galles ont été récoltés à l'état de développement maximum, mais avant qu'ils ne présentent des phénomènes de sénescence.

Espèces végétales et producteurs de galles.		Poids d'azote (en grammes) rapportés à 100g de matière sèche. Azote total.	Azote soluble.	Poids d'azote soluble rapportés à 100g d'azote total.
GALIUM MOLLUGO L.	Feuilles normales	2,71	0,25	9
	Galles d'*Eriophyes Galii* Karp.	2,73	0,42	15
GERANIUM SANGUINEUM L.	Feuilles normales	1,95	0,16	8
	Galles d'*Eriophyes Geranii* Can.	1,55	0,22	14
PSAMMA ARENARIA Rœm. et Schult.	Feuilles normales	1,01	0,13	13
	Galles d'*Isosoma hyalipenne* Walk.	1,59	0,72	45
LIMONIASTRUM GUYONIANUM Coss. et Dur.	Feuilles normales	1,72	0,38	22
	Galles d'*Œcocecis Guyonella* Guenée	1,75	0,67	38
PISTACIA TEREBINTHUS L.	Feuilles normales	2,36	0,70	29
	Galles de *Pemphigus cornicularius* Pass.	1,54	0,69	43
SALIX ALBA L.	Feuilles normales	2,81	0,18	6
	Galles de *Pontania proxima* Lepel.	1,65	0,21	13
ROSA SPINOSISSIMA L.	Feuilles normales	1,68	0,27	16
	Cynorrhodons débarrassés de leurs akènes	0,99	0,25	25
	Galles de *Rhodites spinosissimæ* Giraud	0,62	0,16	26
FAGUS SILVATICA L.	Feuilles normales	2,11	0,11	5
	Cupules	0,36	0,08	22
	Galles de *Mikiola Fagi* Hartig	0,41	0,18	44
ULMUS CAMPESTRIS L.	Feuilles normales	2,83	0,33	12
	Portions de feuilles épaissies correspondant à des débuts de galles de *Tetraneura Ulmi*.	3,22	0,77	24
	Galles de *Tetraneura Ulmi* de Geer	5,33	2,65	49
	Galles de *Schizoneura lanuginosa* Hartig	3,12	1,58	51
PHASEOLUS VULGARIS L.	Feuilles	3,28	0,62	19
	Gousses (débarrassées de leurs graines)	1,30	0,68	52

Ces nombres montrent que les quantités absolues d'azote total et d'azote soluble peuvent varier dans des sens différents quand on passe de la feuille saine à la galle qu'elle peut porter ou au fruit de la même plante; mais ce qui ne souffre pas d'exception, c'est une augmentation importante de l'azote soluble dans les galles et les fruits par rapport à l'azote total; dans le cas des deux Hémiptérocécidies de l'Orme j'ai pu me rendre compte que cette augmentation se rapporte à une abondante formation d'asparagine.

Il y aura lieu de préciser les rapports qui existent entre ces différences de composition chimique et les caractères morphologiques des cécidies; je me contenterai, dans cette Note, d'attirer l'attention sur le fait que toutes les galles étudiées présentent, à des degrés divers, une atténuation de la chlorophylle, atténuation qui va pour la cécidie du *Schizoneura lanuginosa* jusqu'à une décoloration presque complète; ce fait, rapproché de celui que j'ai signalé antérieurement ([1]) et relatif à l'absence presque totale de chlorophylle dans des plantes cultivées sur des solutions de peptone, permet de considérer les substances azotées solubles comme étant une des causes possibles de la disparition du pigment assimilateur; et l'on peut, dès lors, se demander si la plupart des cas de décoloration des végétaux ne peuvent pas se rapporter à ce déterminisme; cette question se pose en particulier tout naturellement pour les plantes parasites; d'autre part, André ([2]) a montré que les feuilles, avant leur chute, présentent une augmentation notable de l'azote soluble; y a-t-il encore, dans ce cas, un rapport entre ce fait et leur jaunissement? Autant de questions de Physiologie normale auxquelles nous sommes conduits par l'étude des galles et sur lesquelles je compte revenir. Pour l'instant je me contenterai de rapporter ici les résultats que j'ai obtenus relativement à la teneur en azote total et en azote soluble des feuilles panachées de Fusain du Japon (*Evonymus japonicus* Thunb.) et d'*Aspidistra elatior* Blum. :

			Poids d'azote (en gr.) rapportés à 100g de matières sèches.		Poids d'azote soluble rapportés à 100 d'azote total.
			Azote total.	Azote soluble.	
Evonymus japonicus.	Feuilles de plantes entièrement vertes.		1,25	0,10	8
	Plantes à feuilles panachées.	Portions vertes....	1,78	0,16	9
		Portions jaunes...	2,81	0,68	24

([1]) M. Molliard, *Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs* (*Rev. gén. Bot.*, t. XIX, 1907, p. 241).

([2]) G. André, *Sur l'élaboration de la matière azotée dans les feuilles des plantes vivaces* (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1685).

			Poids d'azote (en gr.) rapportés à 100g de matières sèches. Azote total.	Azote soluble.	Poids d'azote soluble rapportés à 100 d'azote total.
Aspidistra elatior.	Feuilles de plantes entièrement vertes.		2,47	0,71	29
	Plantes à feuilles panachées.	Portions vertes...	2,70	0,86	32
		Portions blanches.	3,12	2,08	67

Nous observons donc d'une manière très nette pour les feuilles panachées la même corrélation que dans le cas des galles entre l'augmentation des substances azotées solubles et l'atténuation ou la disparition totale de la chlorophylle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la détermination des rayons actifs dans la synthèse chlorophyllienne.* Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. L. Mangin.

Une foule de méthodes, toutes plus ingénieuses les unes que les autres, ont eu pour objectif de déterminer la nature des rayons qui agissent dans la synthèse chlorophyllienne, c'est-à-dire dans la propriété que possèdent les plantes vertes, grâce à la chlorophylle, d'emprunter directement leur carbone à l'anhydride carbonique, sous l'influence de la lumière : emploi de cloches à double paroi, mesure de la quantité d'oxygène dégagée par une plante verte en face d'un spectre ou derrière des écrans, méthode des bactéries d'Engelman, etc.

On pourrait donc croire que le problème est résolu et que tous les physiologistes sont d'accord à ce sujet; or il n'en est malheureusement rien; beaucoup fixent un maximum unique d'action, soit dans le rouge orangé, soit même dans le jaune, avec une décroissance progressive du côté du violet; un plus grand nombre, peut-être, à la suite d'Engelman, admettent un premier maximum dans le rouge orangé et un second maximum moins important dans le violet; enfin une autre École accorde à la partie la plus réfrangible du spectre une importance qui correspondrait tout à la fois à la forte absorption du bleu par la xanthophylle et à l'intensité de l'action lumineuse sur la plaque photographique (Kohl, 1897, 1906).

Dans ces conditions, il ne sera probablement pas sans intérêt d'exposer ici les éléments d'une expérience directe, dans laquelle les résultats sont enregistrés photographiquement.

J'ai signalé précédemment à l'Académie ([1]) la sensibilité particulière d'une algue, un *Chlorella*, vis-à-vis de l'intensité lumineuse et aussi la facilité avec laquelle cet organisme se cultive dans un milieu dépourvu de tout carbone organique, le liquide de Knop; comme cette algue est dépourvue de zoospores, les surfaces où elle se développe correspondent exactement aux endroits où la radiation agit; à l'ombre, il ne se produit aucune croissance, ainsi qu'à l'obscurité : c'est ce qui explique comment nous avons pu faire dessiner par cette algue tous les détails d'une fine dentelle qui avait été placée en face du flacon de culture.

Dès lors, on est amené par le raisonnement à prévoir que le *Chlorella* dessinera tout aussi bien les rayons actifs d'un spectre tombant sur la cuve de culture : elle photographiera elle-même, pour ainsi dire, par sa croissance les rayons susceptibles de produire la décomposition de l'anhydride carbonique, la mise en liberté de l'oxygène et l'incorporation du carbone.

L'expérience a été réalisée de la manière suivante :

On amène l'algue à former un revêtement mince, homogène sur les parois d'uue cuve de culture à faces parallèles et présentant une graduation en millimètres qui facilite le repérage : on projette sur le revêtement vert formé par l'algue un spectre bien pur; à l'endroit des rayons actifs, la croissance continue et l'épaisseur de la couche verte augmente, tandis que cette même croissance s'arrête à l'ombre et à la place occupée par les rayons indifférents.

Au bout de 8 jours, on distinguait déjà une bande verte de croissance qui occupait exactement la place de la bande principale d'absorption de la chlorophylle : elle était nettement délimitée et très marquée à la fin de la première quinzaine : depuis je n'ai observé qu'une légère croissance de l'algue dans tout le spectre lumineux.

Si nous nous en tenons à cette première expérience, dans les conditions où elle été faite, on peut déjà dégager les conclusions suivantes :

1° Reinke fixait la position des rayons ayant le maximum d'action dans la photosynthèse entre les longueurs d'onde 720-685; pour Engelman et Timiriazeff, cette position est comprise entre 685 et 655; pour Pfeffer, entre 655 et 590.

Notre expérience montre que ce maximum correspond exactement à la bande d'absorption I de la chlorophylle, pour laquelle on donne les longueurs d'onde 670-635 (Jost).

2° L'examen du spectre de croissance dans sa seconde partie est également instructive : rien ne justifie l'opinion que les rayons les plus réfran-

([1]) P.-A. Dangeard, *Comptes rendus*, novembre 1909.

gibles aient dans la photosynthèse une action en rapport avec leurs propriétés photographiques et leur forte absorption par la xanthophylle.

3° Le spectre dessiné par le *Chlorella* s'étend depuis la limite extrême de l'infra-rouge, jusqu'au voisinage de la ligne H dans le violet : tous les rayons compris entre ces limites agissent donc dans la croissance et la photosynthèse : mais leur action est presque négligeable si on la compare à celle des rayons de longueur d'onde 670-635. Il faut toutefois faire une exception pour les rayons un peu plus actifs qui occupent le voisinage des bandes d'absorption II et III de la chlorophylle.

4° Le spectre de croissance que nous décrivons ici a une grande ressemblance avec le spectre de décoloration de la chrorophylle, tel que nous l'avons donné récemment (*Comptes rendus,* 27 décembre 1910); il est, au contraire, totalement différent du spectre de décoloration de la xanthophylle.

Il est évident que si la méthode est à l'abri de toute objection sérieuse, on devra maintenant répéter l'expérience et en varier les conditions.

Nous avons employé, comme source de lumière, une lampe Nernst, fonctionnant jour et nuit pendant 2 mois : il sera bon d'essayer maintenant l'électricité et la lumière solaire. De même nous avons utilisé, pour obtenir le spectre, un spectrographe à vision directe, construit sur nos indications par la maison Pellin : il sera bon d'employer maintenant des prismes moins dispersifs. Enfin, on pourra voir quelles sont les modifications que pourrait produire sur les conditions de l'assimilation chlorophyllienne la présence dans le milieu de cultures de substances diverses et, en particulier, de celles qui renferment du carbone organique.

PHYSIOLOGIE. — *Ingestion d'acides minéraux chez le chien.* Note de MM. **Henri Labbé** et **L. Violle**, présentée par M. A. Dastre.

L'introduction d'acides par voie circulatoire ou digestive dans l'organisme animal peut, à doses suffisantes, amener des phénomènes toxiques graves et provoquer la mort.

Il en est ainsi pour les acides minéraux, notamment l'acide chlorhydrique fréquemment expérimenté à ce point de vue. Le mécanisme par lequel se manifeste la toxicité des molécules acides, aussi bien que le processus par lequel l'organisme se défend contre l'intoxication, ne peuvent être étudiés qu'au cours d'expériences de régime, dans lesquelles l'ingestion d'acide

atteint une dose toxique, mais reste bien au-dessous de la dose mortelle. On a émis fréquemment l'hypothèse que l'organisme se défend contre l'intoxication acide par une surproduction ammoniacale. Les expériences en vue de démontrer le bien-fondé de cette hypothèse sont nombreuses, mais elles manquent de la précision indispensable à des recherches portant sur d'aussi faibles augmentations de substances. Aussi n'avons-nous pas cru inutile d'entreprendre de nouvelles expériences en vue de vérifier si l'organisme animal, soumis aux injections d'acide chlorhydrique, éliminait pendant le même laps de temps un supplément de bases volatiles.

Deux chiens, en bonne santé, en équilibre corporel et azoté, sont alimentés avec des quantités de viande maigre rigoureusement pesées, uniformes pour chacun d'eux pendant la durée de l'expérience. Après une période qui permet d'établir les constantes d'élimination ammoniacale des deux animaux, on fait ingérer de l'acide chlorhydrique en quantité dosée. Les éliminations urinaires, grâce aux cages dans lequelles sont placés les animaux, sont recueillies en totalité et dans des conditions de propreté et de conservation (xylol constamment mélangé aux émissions) telles qu'aucune fermentation appréciable ne peut s'effectuer. On dose les bases évaluables en ammoniaque par divers procédés (titration au formol, titration à la magnésie suivant Folin, avec correction).

Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

Chien A (*petit*).

Périodes (équilibre azoté).	Poids.	Alimentation (viande maigre).	Par 24 heures. Acidité urinaire.	AzH^3 (formol).	AzH^3 (magn.).	AzH^3 (aminés).	Acide HCl ingéré.
	kg	g					
N° 1....	7,200	350	1,26	0,458	0,395	0,063	0
N° 2....	7,400	350	1,11	0,515	0,465	0,050	0,365
N° 3....	7,400	350	1,28	0,755	0,655	0,100	0,730
N° 4....	7,050	50	0,83	0,487	0,412	0,075	0,730

[Bases volatiles (en AzH^3) éliminées (par 24 heures) en excès dans les différentes périodes.]

	Titrage formol.	Titrage magnésie.	AzH^3 nécessaire pour neutralisation moléculaire de l'acide ingéré.
N° 1............	0	0	0
N° 2............	+0,057	+0,070	+0,170
N° 3............	+0,300	+0,260	+0,34
N° 4............	+0,414	+0,340	+0,34

Chien A (gros).

Périodes.	Poids.	Alimentation (viande maigre).	Acidité urinaire.	Par 24 heures. AzH^3 (formol).	AzH^3 (magn.).	AzH^3 (aminés).	Acide H Cl ingéré.
N° 1...	18,900 kg	450 g	1,34	0,600	0,512	0,088	0
N° 2...	19,00	450	1,94	1,015	0,937	0,078	0,730
N° 3...	19,05	450	1,84	1,145	0,910	0,235	1,460
N° 4...	19,100	100	1,50	0,857	0,802	0,055	1,460

[Bases volatiles (en AzH^3) éliminées (par 24 heures) dans les différentes périodes.]

	Titrage formol.	Titrage magnésie.	AzH^3 théoriquement nécessaire pour neutralisation moléculaire de l'acide ingéré.
N° 1.............	0	0	0
N° 2.............	+0,415	+0,425	0,34
N° 3.............	+0,545	+0,400	0,68
N° 4.............	+0,706	+0,651	0,68

Ainsi l'organisme auquel on fait ingérer un acide minéral comme l'acide chlorhydrique élimine une quantité supplémentaire de bases volatiles telle que, comparée à la quantité d'acide introduite, elle est susceptible de la neutraliser presque exactement au point de vue chimique.

En résumé nos expériences montrent que :

1° Si, à un chien en état d'équilibre azoté et d'élimination basique volatile constante, on fait ingérer de l'acide chlorhydrique en quantités n'altérant pas la santé en apparence, la teneur de l'urine en bases volatiles (titrables au formol ou à la magnésie) augmente; cette augmentation est proportionnelle à l'ingestion acide, et le rapport des bases et de l'acide est sensiblement le rapport moléculaire;

2° Chez le chien, mis en état d'ingestion azotée insuffisante et de rupture d'équilibre azoté, la même ingestion d'acide provoque la même élimination basique, dans les mêmes proportions moléculaires;

3° La fraction de l'ammoniaque urinaire totale pouvant être considérée comme représentative des acides aminés n'augmente que faiblement au cours des ingestions acides;

4° A un point de vue général, l'influence de l'alimentation carnée sur l'élimination des bases urinaires (volatiles ou titrables au formol) est prépondérante. La part revenant à la désassimilation de l'organisme est très faible.

PHYSIOLOGIE. — *Démonstration de la nature exclusivement hépatique de l'antithrombine. Extraction de cette substance par un solvant des corps nucléaires.* Note de MM. **Doyon**, **A. Morel** et **A. Policard**, présentée par M. A. Dastre.

I. La peptone, injectée dans les vaisseaux, détermine l'incoagulabilité du sang (Schmidt-Mülheim), par suite de la formation dans le foie d'une substance anticoagulante (Delezenne).

L'un de nous a démontré que la substance anticoagulante (antithrombine) peut apparaître sous la seule influence du passage du sang artériel normal à travers un foie excisé, même plusieurs jours après la mort, même si la glande a été soumise à une série de congélations (au moyen de l'acide carbonique liquide) et de décongélations successives.

II. Dans une précédente Communication nous avons annoncé les faits suivants :

a. L'antithrombine peut être extraite du plasma du sang qui a traversé le foie après une injection de peptone à l'animal en expérience ;

b. L'antithrombine isolée et purifiée est une substance organique azotée et phosphorée, insoluble en milieu acide, soluble en milieu alcalin ; elle se rapproche donc par ses caractères des éléments qu'on extrait habituellement des matériaux nucléaires.

III. La présente Communication a pour but de démontrer qu'une solution faiblement alcaline (en dehors de toute intervention de sang ou de peptone) peut, en circulant à travers le foie, entraîner une substance anticoagulante identique à l'antithrombine que nous avons extraite du sang dans les conditions indiquées dans notre précédente Communication.

Exemple. — Chien de 2 ans environ; saignée, section du bulbe; lavage du foie avec une solution de chlorure de sodium à 9 pour 1 000; congélation de la glande au moyen de l'acide carbonique liquide.

Le lendemain le foie est sorti de l'acide carbonique et abandonné à la température du laboratoire (10° à 15°).

Le jour suivant le foie est totalement dégelé. On fait circuler à travers la glande 1^l de la solution suivante : eau distillée 1000^{cm^3}, chlorure de sodium 4^g, carbonate de soude 5^g; chauffée à 40°, sous une pression de 30^{cm} environ. De temps en temps on comprime le tube de sortie en aval du foie de manière à distendre légèrement la glande et à provoquer une stase plus ou moins prolongée. Malgré toutes les précautions prises pour ne pas léser le foie, des pertes se produisent; finalement, on recueille environ 500^{cm^3} de liquide ayant traversé en une heure et demie douze fois la glande.

Le liquide de circulation, employé tel qu'il s'écoule du foie, a un pouvoir nettement coagulant. Chauffé pendant 5 minutes à 100°, il donne un abondant coagulum qu'on élimine par centrifugation. Le liquide décanté contient une substance anticoagulante; additionné volume à volume de sang normal, il empêche ce sang de coaguler.

La substance active peut être précipitée à froid par l'acide acétique et redissoute dans l'eau alcaline. Purifiée par plusieurs précipitations et redissolutions consécutives elle présente les mêmes caractères que l'antithrombine sécrétée par le foie sous l'influence du sang peptoné : elle empêche le sang normal de coaguler, donne faiblement la réaction du biuret et contient du carbone, de l'azote et du phosphore.

Échantillons divers, additionnés chacun d'un volume égal de sang normal.		Temps nécessaire à la coagulation.
Liquide de circulation ayant traversé 12 fois la glande.		Coagule en 2 minutes.
Le même liquide, bouilli pendant 5 minutes..........		Ne coagule pas, même après plusieurs jours.
Solution de la substance active, isolée et purifiée.....		Ne coagule pas, même après plusieurs jours.
Témoins.	Solution alcaline n'ayant pas traversé le foie, mais additionnée de sang normal..	Coagule en 15 minutes.
	Sang normal seul......................	Coagule en 12 minutes.

IV. *Conclusions.* — Ces résultats apportent une certaine précision dans la connaissance de la nature et des propriétés de l'antithrombine dont nous démontrons ainsi :

1° L'origine exclusivement hépatique;

2° L'origine nucléaire;

3° La stabilité vis-à-vis des moyens de purification, permettant l'obtention d'un produit chimiquement stable.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur le développement de l'Hypoderme du bœuf* (Hypoderma bovis *de Geer*). Note de M. **Clément Vaney**, présentée par E.-L. Bouvier.

L'Hypoderme du bœuf, à l'état larvaire, cause des préjudices très importants aux éleveurs et aux tanneurs. Les larves bien développées sont couramment désignées sous le nom de *varrons;* elles apparaissent, au printemps et en été, en assez grand nombre, sous la peau des Bovidés et se localisent, en général, vers la région lombaire, de part et d'autre de la colonne vertébrale. Chaque larve provoque une inflammation des tissus environnants et se nourrit du liquide purulent qui se forme; elle produit une sorte de

tumeur ou de galle saillante, dont le volume peut parfois atteindre la grosseur d'une noix. Le varron perce la peau de dedans en dehors, et l'ouverture ainsi pratiquée permet aux deux stigmates postérieurs de la larve d'être en relation directe avec l'atmosphère.

Dans la région lyonnaise, où, en été, les bœufs du Charollais fournissent la majeure partie de la viande de boucherie, le pourcentage des peaux varonnées oscille de 13 à 21 pour 100.

En juillet, la larve a atteint son complet développement; elle élargit l'ouverture pratiquée dans la peau, tombe sur le sol et se transforme en pupe. Un varron, que j'ai recueilli le 23 juillet 1910, a donné presque immédiatement une pupe, d'où s'est échappé, le 17 août, un Hypoderme mâle bien développé. La durée de la pupation a été de 24 jours, à une température moyenne de 18°,9.

Trois hypothèses ont été successivement émises au sujet de l'introduction de la larve sous la peau. La première, énoncée en 1824 par Meigen, est très simple ; elle admet que l'Hypoderme femelle dépose de suite ses œufs dans l'intérieur du derme, à l'aide de l'oviscapte qui termine postérieurement son abdomen. Cette opinion n'est plus soutenable, car l'Hypoderme du bœuf, comme les autres Œstrides, n'a pas de tube de ponte pouvant fonctionner comme tarière. La larve issue de l'œuf peut seule s'introduire dans l'hôte ; mais par quelle voie se fait cette pénétration ?

Brauer, en 1863, se basant sur l'observation d'une larve d'*Œstromyia satyrus*, qui avait commencé à s'introduire dans l'épiderme de son bras, admit, par analogie, que la pénétration de la larve d'Hypoderme se fait directement par la voie cutanée. Cette opinion avait été acceptée sans contestation jusqu'en 1888 ; mais à cette époque Hinrichsen, après avoir découvert de jeunes larves dans le canal rachidien, fut amené à concevoir l'introduction par la voie digestive. Cette troisième hypothèse fut confirmée successivement par Curtice (1890), Koorevaar (1896) et Jost (1907), qui trouvèrent de jeunes formes larvaires dans la paroi de l'œsophage. Mais, en 1910, le Dr Ströse, tout en admettant la possibilité de la pénétration par la voie digestive, pense que l'introduction se fait surtout par la peau, car beaucoup de larves œsophagiennes, qu'il a recueillies en mars, étaient incapables de continuer à se développer. La question est donc remise en discussion et de nouvelles observations sont nécessaires pour la résoudre.

La pénétration directe de la larve sous la peau ne permet pas d'expliquer la localisation des varrons vers la région lombaire. En effet, si les petites formes larvaires minaient l'épiderme, elles provoqueraient, aux endroits attaqués, un sorte de prurit, qui amènerait l'animal à se lécher et à enlever les larves ; les parties ainsi nettoyées

seraient presque dépourvues de varrons. Dans ces conditions, on ne comprend pas que l'animal, qui peut se lécher dans la région lombaire, présente en cette partie du corps une si grande abondance de varrons, tandis que ceux-ci sont très rares et souvent absents vers la nuque.

L'argument le plus décisif est fourni par la recherche de la localisation des jeunes larves. Si la pénétration cutanée avait lieu, on devrait trouver, aussitôt après leur introduction, de jeunes larves dans le feutrage dermique, commençant à former de petites tumeurs dans la peau. Malgré les observations très minutieuses faites, de septembre à décembre, dans les abattoirs de Lyon, je n'ai jamais pu voir la plus petite larve d'Hypoderme soit dans le derme, soit dans le tissu sous-cutané des Bovidés abattus. Mais, à la même époque, j'ai trouvé des larves dans l'œsophage et dans le début de la panse.

Ces larves sont souvent assez nombreuses : j'en ai recueilli jusqu'à vingt-deux dans le même œsophage. Les divers exemplaires que j'ai obtenus ont des tailles très variables : leur longueur oscille entre 4 et 14^{mm}. Toutes étaient en parfait état, bien vivantes et se déplaçaient dans le feutrage conjonctif, plus ou moins lâche, reliant la musculeuse à la muqueuse de l'œsophage.

Les différences de taille observées, allant du simple au double, prouvent bien que les larves subissent les premières phases de leur développement dans le tissu sous-muqueux de la région antérieure du tube digestif de leur hôte. Cette localisation exclusive de jeunes larves d'Hypoderme dans l'œsophage et leur absence complète dans la peau, à cette même époque, prouvent que *la pénétration de l'Hypoderme se fait uniquement par la voie digestive.* Toute une série de ponts naturels formés par le diaphragme et le péritoine permettront la migration de ces larves, du tube digestif sous la peau de la région lombaire.

Les très jeunes larves œsophagiennes ne créent qu'une faible réaction dans l'organisme de leur hôte. J'ai observé certains de ces jeunes asticots enveloppés par un revêtement de leucocytes éosinophiles disposés en couches plus ou moins denses. Les larves de grande dimension sont, en général, plongées dans une sorte de gelée jaunâtre, qui imprégnait tout le tissu sous-muqueux de l'œsophage renfermant 22 de ces asticots. Le sac stomacal de toutes ces formes larvaires, qui occupe sensiblement les deux tiers de la longueur du corps, est rempli de cette gelée jaunâtre.

Jost a fait une bonne description externe des larves œsophagiennes, mais il a laissé de côté certains points de l'anatomie, qui ne pouvaient être observés que sur des coupes.

Ces larves ont un corps cylindrique, atténué aux extrémités et constitué par douze segments. Le segment céphalique étant complètement invaginé, la larve ne paraît être formée que par onze segments. Le dernier segment présente de nombreux piquants en crochet, à base élargie et noirâtre, qui apparaissent, à un faible grossissement, comme

des ponctuations noires réparties à l'extrémité postérieure du corps, entourant l'anus et les deux stigmates postérieurs.

Les autres segments offrent, sur la face dorsale, plusieurs rangées transversales de très petits piquants, visibles seulement à un fort grossissement et dont la taille va en diminuant d'avant en arrière, les antérieurs étant assez forts et noirâtres, tandis que les postérieurs sont réduits à de fins points noirs. Chaque segment est incomplètement cerclé sur le côté par trois larges bandes musculaires transversales. Sur la face dorsale et ventrale du corps, sont disposées des séries de muscles obliques s'entre-croisant ou formant des chevrons.

Le segment céphalique porte deux mandibules mobiles, en forme de croissant, entre lesquelles se trouve un stylet fixe, impair, soudé aux pièces chitineuses pharyngiennes. L'appareil pharyngien a une structure assez semblable à celle que j'ai décrite chez la larve du *Gastrophilus equi* Fabr. et sert aussi d'organe d'aspiration, actionné par de très beaux éléments musculaires à petit nombre de fibres striées. Le pharynx se prolonge, en arrière, par un œsophage étroit dont l'épithélium est recouvert du côté interne par une mince cuticule et, du côté externe, par des cellules musculaires à fibres transversales. Après avoir traversé la masse nerveuse, l'œsophage se continue par un proventricule court, évasé et faisant légèrement saillie dans le sac stomacal. C'est au niveau de l'œsophage que se trouvent deux glandes salivaires sphériques. Le sac stomacal est très spacieux, mais à paroi mince, constituée d'un épithélium pavimenteux à éléments cellulaires très chromatophiles, doublés par une mince enveloppe musculaire. L'intestin est court, légèrement replié; il présente quatre tubes de Malpighi et se termine par le rectum qui s'ouvre sur le dernier segment par l'anus. Le système nerveux est très condensé et se compose d'une petite masse cérébrale supra-œsophagienne et d'une courte chaîne ventrale placée au niveau du proventricule et provenant de la fusion d'une douzaine de masses ganglionnaires. Les deux troncs trachéens longitudinaux sont reliés, en arrière du sac stomacal, par une commissure transversale; ils s'ouvrent chacun sur le dernier segment par une plaque stigmatique pourvue de quelques piquants marginaux.

PARASITOLOGIE. — *Forme du* Sporotrichum Beurmanni *dans les lésions humaines. Sa fructification à l'intérieur des capillaires.* Note de M. **E. Pinoy**, présentée par M. E. Roux.

Si, chez les animaux, à cause de la prolifération abondante du parasite dans les lésions, les formes qu'y revêt le *Sporotrichum Beurmanni* ont pu être facilement observées, il n'en a pas été de même pour les formes que l'on rencontre dans les lésions humaines, parce que les parasites y sont relativement plus rares et surtout plus difficiles à voir.

Nous avons étudié les divers aspects du *Sporotrichum Beurmanni* dans les lésions humaines sur des coupes de gommes prélevées par biopsie chez les

trois malades qui ont été présentés par Thibierge et Gastinel à la Société médicale des Hôpitaux le 19 mars 1909.

L'une des formes, la plus visible à cause de ses dimensions, est celle qui a été décrite par de Beurmann et Gougerot, puis par Lesné et Moniera, Vinard, Laubry et Esmein. Les parasites ont de 3^{μ} à 5^{μ} de long sur 2^{μ} à 3^{μ} de large, basophiles et finement granuleux, encerclés d'une très fine membrane incolore. On les rencontre assez rarement libres, le plus souvent à l'intérieur des macrophages, quelquefois dans les polynucléaires. Ces grosses formes sont, comme le dit Gougerot, peu fréquentes; mais elles ont un aspect assez caractéristique pour qu'on puisse les distinguer des débris de noyaux pyknosés sur des préparations bien différenciées. La coloration de Dominici, éosine orange bleu de toluidine, est la plus recommandable pour ce genre de recherches. Une différenciation très exacte est une condition *sine quâ non* de la visibilité du parasite.

Sur des préparations ainsi faites, on peut voir que dans les lésions humaines le parasite est plus abondant qu'on ne le croit généralement; il s'y présente fréquemment sous la forme de conidies, levures extrêmement petites, de la dimension de piroplasmes, et qu'on rencontre surtout dans les macrophages.

On observe parfois de petites formes, levures très nettes.

La végétation du parasite dans les lésions humaines paraît donc se faire le plus ordinairement sous la forme conidie levure.

Enfin la constatation la plus intéressante que nous ayons pu faire est celle de la forme de fructification du parasite directement à l'intérieur des vaisseaux sanguins, à l'intérieur des capillaires. Nous avons observé le fait chez le malade faisant l'objet de l'observation III de Thibierge et Gastinel. Ce malade, chez qui la maladie a débuté par un petit bouton occupant l'angle externe de l'œil gauche, a vu se développer successivement de multiples lésions, gommes et ulcérations, non seulement des membres, mais aussi de la face, du thorax, du cou, du scrotum. Le malade a présenté, en outre, des lésions des muqueuses du pharynx et du larynx. Ce cas est un des plus complets et des plus remarquables de sporotrichose généralisée qui aient été publiés.

Sur la coupe d'une gomme provenant de ce malade, on peut constater, non seulement l'existence de petites conidies levures dans les macrophages, mais aussi des filaments ayant poussé en grand nombre au voisinage des capillaires. Ces filaments traversent la paroi des capillaires et viennent former dans leur lumière un lacis enchevêtré. Certains de ces filaments se dressent perpendiculairement à la paroi et se couvrent de spores. On peut

observer ainsi des fructifications typiques de *Sporotrichum* avec encore de nombreuses spores adhérentes.

D'après l'étude microscopique de ce cas, on comprend très bien que Widal et Weill, puis Gaucher, Louste, Giroux et Abrami, Landouzy et Gougerot aient, par la culture, retrouvé chez l'homme le *Sporotrichum* dans le sang circulant.

Le *Sporotrichum Beurmanni* vient donc s'ajouter à la liste des Champignons pathogènes capables de fructifier à l'intérieur des tissus chez l'homme.

PATHOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la signification physiologique des réactions leucocytaires des infections et des intoxications.* Note de MM. **L. Bruntz** et **L. Spilmann**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 16 janvier 1911), nous avons démontré que l'élimination des substances liquides étrangères à l'organisme s'effectuait en trois phases successives, qui sont :

1° La fixation de ces produits par certaines formes de leucocytes (*phase de fixation*);
2° Leur transport par ces éléments vers des organes d'excrétion clos ou ouverts (*phase de transport*);
3° La reprise de ces produits par des organes rénaux clos ou ouverts, chargés de les excréter (*phase d'excrétion*).

Au cours de ces processus d'élimination, il est facile de constater que *le rôle des leucocytes se traduit par une rapide et courte hypoleucocytose suivie d'une hyperleucocytose très manifeste et plus durable.* Nous avons reconnu expérimentalement que l'hypoleucocytose est due à ce que les globules blancs, mis brusquement en présence des produits à éliminer, les fixent et se rendent aux organes d'excrétion. L'hyperleucocytose tient à ce que les globules, après avoir abandonné les produits dont ils étaient chargés, rentrent dans la circulation générale accompagnés de globules néoformés dont le but est d'achever le travail d'élimination.

Il est remarquable de constater qu'on retrouve les mêmes phases de leucocytose au cours des infections et des intoxications. Dans ces cas, en effet, la formule leucocytaire passe aussi par les deux stades successifs d'hypoleucocytose et d'hyperleucocytose (Bezançon et Labbé, 1904) (1).

(1) Le stade d'hypoleucocytose échappe souvent chez l'homme parce qu'on n'assiste qu'exceptionnellement aux premières manifestations des maladies infectieuses. Par contre, dans les infections expérimentales, Werigo (1892) a retrouvé une hypoleucocytose, qui est du reste souvent éphémère.

La succession de ces deux stades est même considérée comme la formule leucocytaire générale de l'état infectieux (Lœper, 1902).

Les hypoleucocytoses et hyperleucocytoses des infections et intoxications doivent être interprétées de la même façon que les phénomènes observés au cours de nos expériences d'élimination des réactifs colorés. L'organisme se défend de la même manière, qu'il s'agisse d'éliminer expérimentalement un réactif coloré ou l'un quelconque des poisons endogènes ou exogènes susceptibles, le cas échéant, de nous intoxiquer. Dans tous les cas, les réactions leucocytaires évoluent toujours suivant le même mécanisme; les mêmes interprétations leur sont applicables.

Il est classique de signaler qu'à côté des maladies infectieuses caractérisées par de l'hyperleucocytose, un petit nombre (fièvre typhoïde, malaria) s'accompagnent d'hypoleucocytose. Ces faits peuvent fort bien s'expliquer : pendant les périodes d'invasion et d'état, les globules, au fur et à mesure de leur formation, sont chargés de toxines qu'ils conduisent vers les organes d'excrétion. Ce n'est que tardivement, au moment de la convalescence, que l'hyperleucocytose devient apparente, lorsque tous les globules rentrent dans la circulation générale.

En résumé, les réactions leucocytaires des infections et des intoxications sont caractérisées par un stade généralement court d'hypoleucocytose (correspondant aux périodes d'invasion et d'état), auquel succède un stade d'hyperleucocytose généralement très manifeste et plus durable. Pendant le stade d'hypoleucocytose, les produits à éliminer sont conduits, par certaines formes de leucocytes, aux organes d'excrétions clos et ouverts. Le stade d'hyperleucocytose correspond d'abord à la rentrée dans la circulation générale des anciens globules débarrassés des produits qu'ils avaient fixés et ensuite à l'apparition d'éléments néoformés dans le but d'achever plus rapidement l'élimination des substances étrangères à l'organisme.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La* Lépidorthose *sur les Gardons du lac de Nantua.* Note de MM. **L. Mercier** et **R. de Drouin de Bouville**, présentée par M. A. Dastre.

Vers la fin du mois de juillet 1910, les pêcheurs du lac de Nantua constatèrent que de nombreux Gardons (*Leuciscus rutilus* L.), Poissons connus dans le pays sous le nom d'*échatouts*, montaient à la surface et ne tardaient pas à périr. Rapidement, cette mortalité prit des proportions considérables,

et s'accentua à ce point que, dans la seconde quinzaine d'août, il devint nécessaire, dans l'intérêt de l'hygiène publique, de récolter et d'enfouir les innombrables cadavres de Poissons entassés au milieu des herbes du rivage.

L'émotion fut alors très vive à Nantua et aux environs, car le Gardon est la principale ressource piscicole du lac; aussi l'Administration des Eaux et Forêts jugea-t-elle à propos de confier à l'un de nous une mission dans le but de rechercher les causes de la maladie. Il ne s'agissait pas, en effet, d'un empoisonnement, car seul l'*échatout* périssait en masse; les autres Poissons : Truites, Brochets, Tanches, etc., restaient indemnes.

Les Gardons malades venaient à la surface de l'eau, où ils s'agitaient faiblement, cherchant à plonger sans pouvoir y parvenir, puis ils perdaient leur équilibre, tournaient sur le flanc et restaient ainsi immobiles jusqu'à leur mort. Sur quelques-uns des cadavres examinés, les écailles étaient redressées, généralement par places, dans un cas sur l'étendue tout entière du corps. Ce symptôme permettait de soupçonner la lépidorthose (*lepidorthosis contagiosa*), maladie des Poissons blancs étudiée par Plehn en 1901, et qui, d'après l'auteur, serait due à la présence dans l'organisme des Poissons atteints d'une Bactérie, *Bacillus pestis astaci* Hofer qui, chez l'Écrevisse, détermine la maladie bien connue de la peste.

Or des cultures, obtenues à la suite de prélèvements d'organes faits sur des Gardons présentant le symptôme du redressement des écailles, nous avons pu isoler un Bacille identique à *B. pestis astaci* (1). C'est une Bactérie mobile, de 1^{μ} à $1^{\mu},5$ de longueur, à extrémités arrondies. Elle se colore bien par les couleurs d'aniline, mais ne prend pas le Gram; elle présente de un à six cils (méthode de Van Ermengen). En cultures : le bouillon est troublé; la gélatine est liquéfiée (formation d'un entonnoir caractéristique pour les cultures en piqûre), le lait est coagulé en 4 jours à 22° C. Les cultures sur pommes de terre forment un enduit de couleur jaune brunâtre. Le Bacille fait fermenter les sucres.

Des doses très faibles de cultures en bouillon injectées à des Écrevisses (2) les tuent très rapidement (en 5 à 7 heures pour la dose de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube). Les animaux meurent en présentant les convulsions tétaniques, dites *clownesques*, considérées par Hofer comme caractéristiques de la peste.

(1) Nous prions M. le professeur Hofer, qui a bien voulu vérifier notre détermination, d'agréer nos plus vifs remercîments.

(2) Ces Écrevisses provenaient d'un petit ruisseau de Lorraine dans lequel la peste n'a jamais été constatée.

Avec l'une des cultures ayant servi à inoculer des Écrevisses, nous avons inoculé le même jour des Gardons sains, provenant des environs de Nancy (injections intramusculaires et intrapéritonéales à des doses variant de $0^{cm^3},25$ à $0^{cm^3},50$); ils succombèrent entre les troisième et treizième jours qui suivirent l'inoculation en présentant à un degré plus ou moins accentué le symptôme du redressement des écailles. La reproduction expérimentale de ce symptôme nous permet d'affirmer, dans l'état actuel de nos connaissances, que le Bacille isolé est, sinon la cause unique, certainement l'un des agents de l'épidémie qui a sévi sur les Gardons du lac de Nantua. De plus, les résultats des inoculations, faites parallèlement sur l'Écrevisse et sur le Gardon, viennent confirmer les belles recherches de Plehn sur l'identité du germe, cause de la lépidorthose des Poissons blancs et de la peste des Écrevisses. Cette unité du germe pour les deux maladies va nous permettre de tenter l'explication des cas de lépidorthose constatés dans le lac de Nantua.

En effet les Écrevisses, autrefois abondantes dans la région de Nantua, ont disparu du lac vers 1880-1881, et de la rivière qui l'alimente, en 1889-1890. A cette dernière époque, le Conseil général de l'Ain chargea M. le professeur R. Dubois de rechercher la cause de cette mortalité. Ce savant, comme d'ailleurs tous ceux qui étudièrent en France la maladie de la peste, ne croyait pas qu'il pût s'agir d'une affection microbienne, aussi ne put-il solutionner la question. Mais cependant il a été le premier à soupçonner les rapports qui existent, au point de vue pathologique, entre le Gardon et l'Écrevisse; car, en nourrissant un certain nombre de ces Crustacés avec de la chair de Gardons du lac, il obtint une mortalité considérable. Le résultat de cette expérience de Dubois, d'une part, et, d'autre part, le fait que nous avons isolé, de Gardons du lac de Nantua, le Bacille que les beaux travaux d'Hofer ont démontré être le véritable agent de la peste, amenèrent à conclure que ce Bacille n'est pas d'importation récente; très vraisemblablement c'est à lui que sont imputables les épidémies d'il y a 20 et 30 ans. Depuis lors, *B. pestis astaci* existerait donc dans le lac. A l'appui de cette opinion, on peut encore citer ce fait que, presque tous les ans, un certain nombre de Gardons périssent après la fraye, époque à laquelle les Poissons sont toujours en état de plus grande réceptivité. Il semble donc que la maladie est à l'état endémique dans la région de Nantua.

La présence du Bacille ainsi constatée, la violence de l'épidémie qui a sévi en 1910 s'expliquerait par la malpropreté des eaux du lac dans la région où se déversent les égouts de la ville de Nantua. Cette pollution des eaux

favorise la multiplication du germe et place les Poissons dans des conditions hygiéniques défavorables.

Il faudrait peut-être encore tenir compte de la présence de nombreux Argules (*Argulus foliaceus* L.) (il y en avait 5 et plus sur chaque Gardon examiné). Ces ectoparasites déterminent la formation de petites plaies qui peuvent servir de portes d'entrée aux Bacilles. Or les recherches de Plehn ont montré que la lépidorthose expérimentale se réalise très facilement à la suite de lésions cutanées.

Bien qu'ayant constaté des cas indiscutables de lépidorthose à Nantua, mettant ainsi en évidence pour la première fois la présence en France de *B. pestis astaci*, nous n'en conclurons pas, quant à présent, que ce microorganisme soit la cause unique, ni même prépondérante, de l'épidémie étudiée. Nous ne pourrons nous prononcer à ce sujet qu'après l'étude, actuellement poursuivie, des autres germes isolés.

GÉOLOGIE. — *Existence de calcaires à Gyroporelles dans les Cyclades.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. Henri Douvillé.

Les travaux de MM. H. Douvillé, C. Renz, Ph. Negris et les miens ont démontré soit l'existence, soit la grande extension du Trias dans la Méditerranée orientale. Mais à l'exception de l'île de Crète, tout le bassin égéen n'avait fourni jusqu'ici aucune trace de cette formation. L'observation suivante, relevée dans l'île de Mykonos, à l'est de l'Archipel grec, fait supposer que la submersion triasique a été générale dans la région.

Il existe au nord de Mykonos, sur les bords du golfe qui l'échancre profondément, une très petite presqu'île, To Marmaronisi, entièrement composée de terrains sédimentaires superposés à du granite porphyroïde écrasé. Ce lambeau, épargné par l'érosion, est formé de calcaire bleu foncé ou gris bleu, compact et fin, isolé en petits amas, au milieu d'une dolomie grise, cristalline et dure, ou d'une cargneule d'apparence scoriacée et caverneuse. Le gîte m'a fourni un seul échantillon fossilifère, montrant sur la cassure une section de grand Gastéropode, mal conservé, que M. H. Douvillé rapproche, mais avec doute, des *Naticopsis*.

Au microscope, la roche est un calcaire à grain fin, teinté en gris, d'aspect dépoli et sale, englobant ou non de fausses oolithes et pétri, par places, de dépouilles d'*Algues siphonées verticillées*, du groupe des Gyroporelles.

Ces Algues sont représentées par des tubes cylindriques, entiers ou fragmentaires, de petite taille, dont la longueur ne dépasse pas 4^{mm}; le diamètre extérieur des cylindres varie de $\frac{2}{10}$ à $\frac{7}{10}$ de millimètre et l'épaisseur des parois de $\frac{7}{100}$ à $\frac{12}{100}$ de millimètre. Les tubes sont inarticulés et ornés de nombreuses séries de pores hexagonaux, très grands, eu égard aux faibles dimensions des articles. Le canal est rempli par la matière même de la gangue. Une calcite pure et généralement incolore constitue le squelette calcaire tout entier. Par une cristallisation plus large, elle oblitère les pores, en respectant la forme générale des tubes, mais il arrive que celle-ci disparaisse graduellement au milieu d'un ciment calcaire lui-même très cristallin. Ainsi prennent naissance des plages qui n'ont gardé aucun vestige des nombreux restes organiques disparus.

Tous les individus étudiés appartiennent à un seul et même type, extrêmement voisin, malgré sa taille exiguë, de *Gyroporella vesiculifera* Gümb. du Trias.

On peut légitimement conclure de cette observation que le Trias est représenté en Grèce, comme dans les Alpes Orientales, non seulement par des dépôts pélagiques à Céphalopodes, mais par des calcaires à Gyroporelles. L'existence de ces calcaires tranche un point intéressant de la géologie des Cyclades. L'absence des terrains secondaires et tertiaires dans l'Archipel, interprétée jusqu'à présent comme un témoignage en faveur de l'émersion du massif, n'a point cette signification, en ce qui concerne le Trias. Je ne suis pas éloigné de croire que la dénudation par les agents atmosphériques et surtout l'érosion marine ne sont pas étrangères à l'extrême pauvreté des îles en formations sédimentaires.

GÉOLOGIE. — *Sur les dépôts du détroit Sud-rifain*. Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Pierre Termier.

On sait que, par suite de l'analogie entre les formations littorales atlantiques et les dépôts méditerranéens, il a toujours existé, à l'époque néogène, une libre communication entre les deux mers. Or, le détroit de Gibraltar, ouvert au Plaisancien, ne peut guère remonter au delà du Pliocène [1].

On a cherché de quel côté pouvait se faire la communication à l'époque miocène et

[1] *Mission d'Andalousie*, Paris, Imprimerie nationale, 1889 (Mémoires de MM. Bertrand et Kilian, de MM. Michel-Lévy et Bergeron).

l'on a dû renoncer à admettre l'existence d'un passage au fond du golfe de la Gironde (¹). Par contre Tournoüer a appelé *détroit andalou* une communication comprise entre la Meseta ibérique et la Cordillière bétique, qu'on désigne habituellement sous le nom de *détroit Nord-bétique*. Et M. Ed. Suess a pensé qu'il existait peut-être, à la même époque, une autre communication plus méridionale, par Fès (²).

Mes recherches au Maroc m'ont engagé sur la voie de cet important problème. J'ai d'abord constaté que le détroit de Gibraltar correspond à une aire d'ennoyage des plis de la chaîne continue Rif-Cordillière bétique, effondrée entre les deux Colonnes d'Hercule tout au début du Pliocène; et, comme le détroit Nord-bétique était fermé dès la fin du Miocène inférieur, il fallait forcément qu'un autre fût ouvert, ailleurs, au Maroc.

Mes observations s'accordent à démontrer qu'il réunissait l'Océan à la Méditerranée par l'emplacement actuel de Fès ou de Taza, et qu'il était resserré entre le Rif et le Moyen-Atlas déjà ébauchés.

C'est ce que nous appellerons le *détroit Sud-rifain*. Il a laissé d'importants dépôts qui font l'objet de cette Note et que nous examinerons successivement, du côté atlantique et du côté méditerranéen.

Le R'arb a été, entre Fès et Tanger, traversé par plusieurs géologues : Bleicher, O. Lenz, Th. Fischer, von Pfeil, Brives. Ce dernier a récemment publié une esquisse géologique à $\frac{1}{500\,000}$ de cette partie du Nord-Ouest marocain (³); mais il a confondu le Trias lagunaire avec des argiles miocènes, parce que celles-ci sont traversées parfois de pointements de Trias gypseux comme il en existe fréquemment dans le Tell algérien. Cette erreur entache toute la classification qu'il a donnée des terrains du R'arb parce que mon confrère d'Alger base ses déterminations non sur des faunes, mais sur des relations stratigraphiques.

C'est ainsi qu'il a pris pour de vastes affleurements de Trias des argiles bleues de l'*Helvétien* à *Ostrea crassissima;* qu'il a confondu avec le Miocène inférieur des poudingues et des grès renfermant les mêmes grandes Huîtres et représentant un facies familier au *Tortonien* en Algérie. Enfin, mon collègue a pris pour de l'Éocène moyen des marno-calcaires blanchâtres, avec silex mélinites, dans lesquels je n'ai pas trouvé de fossiles, mais qui sont superposés au Tortonien; et, comme ils atteignent des altitudes assez importantes (400^{m} à 500^{m}), il est impossible de les relier au Pliocène fossilifère qui se tient à des niveaux beaucoup plus bas dans la zone littorale.

Ces marno-calcaires ne peuvent représenter que le Miocène supérieur marin (Sahélien); ils offrent un facies analogue à celui des calcaires blancs avec couches à

(¹) E. DE MARGERIE, *Note sur la structure des Corbières* (*Bull. serv. Carte géol. de France*, nº 17, 1890, p. 29).

(²) *La Face de la Terre*, édition française, p. 397.

(³) *Voyages au Maroc*, Alger, 1909.

Poissons d'Oran, dont la riche faune ne laisse plus de doute sur sa place au sommet de la série miocène (¹).

Il est à noter enfin que le Sahélien se montre tansgressif sur le Tortonien, ainsi que sur le Jurassique, en allant de l'Ouest vers l'Est, et que ses dépôts s'étendent vers l'Est, bien au delà de Fès, dans la direction de Taza.

Du côté algérien, j'ai suivi pas à pas, depuis Oran jusqu'à la Mlouya, les formations néogènes. J'ai décrit autrefois, dans la partie qui se trouve en Algérie, les trois étages miocènes bien développés (²).

Du côté de la frontière, on voit d'abord le Miocène inférieur à *Pecten burdigalensis* Font. et *P. Beudanti* Bast., disparaître pour laisser place au Miocène moyen (Vindobonien) et au Miocène supérieur (Sahélien). Le Miocène moyen se montre partout formé d'argiles avec lits de grès à *Ostrea crassissima* Lamk., de l'*Helvétien*, surmontés de grès *tortoniens* avec les mêmes grandes Huîtres; il forme le prolongement vers l'Ouest des couches à *Pecten incrassatus* (*P. Besseri* H. non Andr.), *P. Gentoni*, *Lucina columbella* Lamk., *Ostrea crassissima*, etc., du Vindobonien du bassin de la Tafna.

Le Miocène supérieur est largement développé. Dans la zone littorale il offre, de la base au sommet, notamment aux environs de Port-Say, la succession suivante :

1° Un conglomérat de base, poudingues ou grès grossiers, à *Pecten Restitutensis* Font. (forme de passage à *P. latissimus* Brocc.). *P. incrassatus* Part. (= *P. Besseri* Hörn. non Andr.), *P. sarmenticius* Goldf., *Terebratula* gr. de *T. sinuosa* Brocc.;

2° Des marnes bleuâtres délitables, avec fossiles fragmentés *Cardita intermedia* Brocc., *Pecten sarmenticius* Goldf., *P. Bollenensis* Font., *P. cristatus* Brocc.. *P. comitatus* Font., *Ostrea cochlear* Pol., *Dentalium sexangulum* Sch., *Ceratotrochus* sp.;

3° Calcaire à Polypiers et *Lithothamnium* avec *Pecten sarmenticius* Gold., *P. Restitutensis* Font.; *Ostrea Velaini* Mun.-Ch., *O. plicatula* L., etc.; l'ensemble de l'étage atteint une centaine de mètres.

Sur la rive gauche de l'oued Kiss, les argiles sahéliennes offrent un lit d'une roche siliceuse avec empreintes de Poissons, rappelant le niveau à Poissons du Sahélien d'Oran ou de Licata (Sicile); et l'assise supérieure est remplacée par des grès friables qui, au bord sud de la plaine des Trifa, sont transgressifs, avec des poudingues, sur le Jurassique des Beni Snassen où ils offrent notamment le *Pecten Restitutensis* Font. (³).

(¹) Voir à ce sujet L. Gentil, *Thèse de Doctorat;* Alger, 1902, p. 344-378.

(²) *Thèse de Doctorat*, 1902, p. 287-377.

(³) Ce sont là les dépôts que j'ai considérés comme postérieurs à l'Helvétien (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, t. VIII, p. 408) et que M. Brives persiste à mettre dans le Miocène inférieur. (Voir discussion dans *Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, t. IX, 3 mai 1909, p. 251.)

Enfin il est important de remarquer que le Sahélien a remanié, sur de vastes étendues, dans l'Ouest comme dans l'Oranie, des roches andésitiques, étalant ainsi à sa base des tufs marins, fossilifères, identiques à ceux du cap Figalo. Ce niveau de grès ou d'argiles, où abondent les lamelles hexagonales de mica noir, m'a permis de suivre avec certitude le Sahélien dans la plaine d'Angad et jusque dans la Moyenne Mlouya.

Ce qui précède montre que le Miocène supérieur se poursuit depuis Oran jusque dans la zone frontière, avec des changements de facies, mais toujours caractérisé par la même faune de Mollusques où se trouvent associées, à des espèces essentiellement miocènes comme *Pecten incrassatus* (= *P. Besseri*), *P. sarmenticius*, des formes pliocènes comme *Pecten Bollensis* Font., *P. comitatus*, etc.

Dans la Moyenne Mlouya on voit, reposant sur les argiles et grès du Vindobonien, le Sahélien essentiellement formé d'un niveau de poudingues de base et de grès avec tufs volcaniques, et c'est à la nature de ces dépôts qu'est dû le modelé caractéristique de cette région.

C'est à la fréquence des *gour* qu'il faut sans doute attribuer le nom de *province de gâret* que lui a donné Léon l'Africain ([2]).

Enfin il est utile de constater que les dépôts du Vindobonien s'étendent au loin, sur la rive gauche du fleuve marocain, dans la direction de Taza; tandis que le Sahélien repose partout en transgression sur les argiles et grès à *Ostrea crassissima*, qu'il a ravinés, et qu'il est également transgressif sur le Jurassique des chaînes environnantes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'enregistrement de petits séismes artificiels à* 17$^{\text{km}}$ *de distance*. Note de M. **Louis Fabry**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans les pays de mines et en particulier dans la région minière située à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Marseille, autour des villages de Gréasque et Cadolive, la détente subite des terrains dont on a modifié les conditions élastiques, par le creusement des galeries destinées à l'extraction du charbon, produit de petites secousses qui constituent de véritables tremblements de terre artificiels.

Ces secousses se succèdent à intervalles tantôt longs, tantôt de quelques jours seulement; elles agitent légèrement les maisons situées dans les alentours et se propagent même au loin, car je viens de découvrir qu'elles sont

---

([2]) Jean Léon Africain, *Description de l'Afrique tierce partie du Monde*, édition Ch. Scheffer, t. II, p. 308. Paris, 1897.

susceptibles de s'enregistrer sur le séismographe de l'Observatoire de Marseille, lequel est situé à 17^{km} de leur point d'origine.

Dans le but de savoir s'il en était ainsi, j'avais prié mon frère, M. Pierre Fabry, ingénieur dans la région, de noter les heures des secousses qu'il pourrait ressentir.

Le 9 janvier, à $5^h 15^m$ du soir, heure de Paris, sa maison fut, en effet, agitée par une de ces secousses. En même temps, le séismographe de l'Observatoire de Marseille enregistrait, d'une façon très nette sur ses deux feuilles, une petite secousse qui commence à $5^h 14^m 8^s$, atteint son maximum d'intensité à $5^h 14^m 14^s$ et finit à $5^h 14^m 31^s$; elle est à vibrations rapides, période à peine une seconde, et l'amplitude $0^{mm},7$ pour chacune des deux composantes sur les feuilles du séismographe correspond à un déplacement du sol d'un centième de millimètre seulement.

Les deux observations coïncident parfaitement, la différence des heures n'atteignant pas une minute, ce qui est inférieur à l'incertitude possible sur une pendule d'appartement.

Peu après, M. Guimet, directeur des travaux au puits Léonie (Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône), sur la demande de M. Bourget, envoya à l'Observatoire de Marseille le Tableau suivant qui mentionne cinq secousses, désignées en langage technique sous le nom de *coups de toit* :

1911 janvier	7	vers	$2^h.45^m$	matin.........	Assez violent
»	7	»	9	»	Faible
»	9	»	5	soir..........	Très violent
»	9	»	11.10	»	Faible
»	16	»	4.45	matin.........	Violent

Les trois secousses désignées comme violentes produisirent sur les murailles des maisons une agitation qui, quoique légère, fut plus que suffisante pour faire sentir le tremblement aux habitants du pays.

En examinant les feuilles du séismographe, j'ai trouvé la trace de ces trois secousses.

Celle du 9 janvier est la même que celle mentionnée ci-dessus; les deux autres se trouvent marquées d'une façon analogue mais plus faible, la période est encore un peu moins d'une seconde, l'amplitude sur les feuilles n'est plus que de $0^{mm},4$. Celle du 7 janvier dure de $2^h 42^m 0^s$ à $2^h 42^m 23^s$ du matin; celle du 16 janvier de $4^h 42^m 54^s$ à $4^h 43^m 14^s$ du matin. Les deux autres, signalées comme faibles par M. Guimet, n'ont pas marqué de traces sur le séismographe de l'Observatoire de Marseille.

Lorsqu'on regarde les feuilles à la loupe, ces secousses se distinguent nettement de la petite agitation qui dans la plupart des séismographes se

manifeste d'une façon presque continuelle, car leur vibration est beaucoup plus rapide, leur aspect différent et elles coïncident sur les deux feuilles. Celle du 9 janvier se reconnaît du reste immédiatement dès qu'on jette un coup d'œil sur les feuilles.

Il y a là un résultat intéressant, montrant la possibilité d'étudier dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres des séismes qui, à leur centre, agitent sensiblement les habitations et qui sont dus à une cause connue.

M. F. **Naive** adresse une Note intitulée : *L'aéroplane, sa signification véritable.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. E. **Deschamps** adresse une Note : *Sur le traitement de l'épilepsie d'origine gastro-intestinale.*

(Renvoi à l'examen de M. Bouchard.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 16 janvier 1911.

La vie et l'œuvre d'un astronome illustre : Jean-Virginius Schiaparelli, par Aug. Collard. (Extr. de *Ciel et Terre*, Bulletin de la Société belge d'Astronomie, nos 11 et 12, 1910.) Bruxelles; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les travaux scientifiques de Mme P. Curie. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. Édouard Branly. Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. André Broca. Paris, G. Steinheil, 1906; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. A. Cotton. Paris, imp. Téqui et Guillonneau, 1908; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les titres et travaux de M. A. PEROT. Paris. Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Leçons de Cristallographie, par G. FRIEDEL, avec 383 figures dans le texte. Paris, A. Hermann et fils, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Termier.)

Caoutchouc et gutta-percha, par E. TASSILLY, avec 56 figures dans le texte. Paris, Octave Doin et fils, 1911; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Haller.)

Expériences culturales sur quelques Solanum *tubérifères*, par JOSEPH BELLON. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'Hort. et de Bot. des Bouches-du-Rhône*, décembre 1910). Marseille, Barlatier; 1 fasc. in-8°.

Les Instructions anthropologiques de G. CUVIER, *pour le voyage du* Géographe *et du* Naturaliste *aux terres australes. Note instructive sur les recherches à faire relativement aux différences anatomiques des diverses races d'hommes*, par GEORGES HERVÉ. (Extr. de la *Rev. de l'Éc. d'Anthr.*, t. XX, sept. 1910). Paris, Félix Alcan; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Annales de l'Observatoire astronomique, météorologique et métrologique de Toulouse. Tome VI, *renfermant une partie des Travaux exécutés de* 1879 *à* 1907 *sous la direction de M.* B. BAILLAUD, publié par M. E. COSSERAT; fasc. II. Paris, Gauthier-Villars; Toulouse, Édouard Privat, 1910; 1 fasc. in-4°.

Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. *Statistique générale de la France : Statistique annuelle des Institutions d'Assistance*, année 1908. Paris, Imprimerie nationale, 1910; 1 vol. in-4°.

Ministère de l'Agriculture. *Annales de l'Institut national agronomique ;* 2e série, t. IX, fasc. 2. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1910; 1 fasc. in-8°.

Ministère de la Guerre. *Archives de Médecine et de Pharmacie militaires;* t. LVI. Paris, H. Charles-Lavauzelle, 1910; 1 vol. in-8°.

Anuario del Observatorio de Madrid, para 1911. Madrid, 1910; 1 vol. in-12.

Records of the Geological Survey of India; t. XL, parts 1 and 2. Calcutta, 1910; 2 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 23 JANVIER 1911.

Institut de France. Académie des Sciences. Procès-verbaux des séances de l'Académie, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. *Avertissement*, par M. GASTON DARBOUX, Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques. (Extr. du Tome I, an IV-VII, 1795-1799. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1910; 1 fasc. in-4°.) (Présenté par M. Darboux.)

Notice sur les titres et travaux scientifiques de M. DANIEL BERTHELOT. Paris, Gauthier-Villars, 1902; 1 fasc. in-4°.

Mécanique sociale, par SP.-C. HARET. Paris, Gauthier-Villars; Bucarest, Ch. Göbl, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Obras sobre Mathematica, do Dr F. GOMES TEIXEIRA, publicadas por ordem do Governo Portuguès; t. II, III. Coïmbre, 1906; 2 vol. in-8°.

Oorsprong en samenstelling der Transvaalsche nepheliensyenieten, door HENDRIK-ALBERTUS BROUWER. La Haye, s. d. [1910]; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Das bathyale Palæocretacicum im südöstlichen Frankreich : Valendis-Stufe; Hautrive-Stufe; Barrême-Stufe; Apt-Stufe, von W. KILIAN. [*Lethæa geognostica*, 2ᵉ partie : *Das Mesozoicum;* 3ᵉ Volume : *Kreide;* 1ʳᵉ livraison : *Unterkreide* (*Palæocretacicum;* 2ᵉ fascicule).] Stuttgart, 1910; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. C. Barrois.)

Académie des Sciences, Agriculture, Arts et Belles-Lettres d'Aix. Concours des prix Thiers et Mignet à décerner en 1912 *et* 1913. Aix, typ. P. Jourdan, 1910; 1 fasc. in-8°. (Adressé par M. le Dʳ Ph. Aude, Président de l'Académie d'Aix.)

Annales du Musée colonial de Marseille, fondées en 1893 par M. ÉDOUARD HECKEL; 18ᵉ année, 2ᵉ série, t. VIII, 1910. Marseille; 1 vol. in-8°.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh; t. XLIV, parts I and II. Édimbourg, 1910; 2 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 9 janvier 1911.)

Note de M. *Luizet*, Sur la variabilité d'éclat de certaines étoiles du type δ Céphée :

Page 70, ligne 4, *au lieu de* linéaires, *lire* binaires.
Page 70, ligne 24, *au lieu de* W Grande Ourse, *lire* RW Grande Ourse.
Page 71, Tableau, 2ᵉ colonne, en regard de δ Céphée, *au lieu de* 0,30, *lire* 0,40.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Adolphe Carnot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le troisième Volume de mon *Traité d'analyse des substances minérales*.

Le premier Volume a été consacré à l'exposé des différentes méthodes de recherches qualitatives, aux opérations de voie sèche et de voie humide de l'analyse quantitative et à l'analyse des gaz.

Le deuxième Volume a décrit les procédés de recherche, de dosage et de séparation des métalloïdes.

Le troisième traite des métaux alcalins et alcalino-terreux, des terres proprement dites et des terres rares, des eaux douces et des eaux minérales, enfin des métaux de la famille du fer. Les autres métaux proprement dits feront l'objet du quatrième et dernier Volume.

De plus en plus, pour la Science et pour l'Industrie, on a besoin d'analyses très exactes et souvent aussi d'analyses très rapides. Il m'a fallu, en conséquence, indiquer souvent plusieurs solutions différentes pour un même problème; mais j'ai pris soin de justifier autant que possible les motifs de préférence dans les différents cas. Je me suis attaché à signaler partout les auteurs des méthodes récentes que je recommandais. D'autres me sont personnelles; je ne les ai données qu'après les avoir soumises à une vérification sévère.

J'attirerai plus spécialement l'attention sur les objets suivants : le potassium, le lithium, leur recherche et leur dosage dans les minéraux, les roches et les eaux minérales; les terres alcalines, leur séparation, l'analyse

de leurs minéraux et de leurs produits d'art; la zircone, la thorine et le groupe toujours croissant des terres rares; l'examen des minerais de l'uranium et des métaux radioactifs; le dosage et la séparation de l'aluminium, du chrome, du manganèse et du fer; l'étude des minéraux et des roches contenant ces métaux et particulièrement de leurs minerais industriels.

Toute la fin du Volume est consacrée aux procédés d'analyse des produits variés des usines sidérurgiques : laitiers, scories, fontes, aciers au carbone, aciers spéciaux et ferro-alliages, qui prennent aujourd'hui dans l'industrie une place de plus en plus grande.

COMMISSIONS.

M. **Lecornu** est nommé membre de la Commission d'Aéronautique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Charles Méray*, Professeur honoraire de l'Université de Dijon, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géométrie.

Mlles **I. Ioteyko** et **M. Stefanowska** adressent des remercîments à l'Académie pour la distinction qui a été accordée à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Une série de travaux de M. C. Gorini relatifs aux *Bactéries du lait* et notamment aux *Bactéries productrices d'acide et de présure*. (Présenté par M. A. Laveran.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles observations sur le spectre de la* Nova Lacertæ. Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente (23 janvier 1911), j'ai exposé brièvement les premières recherches qui ont été faites sur le spectre de la nouvelle étoile du Lézard. Grâce à une série de belles soirées du 28 au 31 janvier, j'ai pu

poursuivre ces recherches avec la chambre prismatique fixée à l'équatorial de 8 pouces. Les poses ont varié de 1 heure et demie à 3 heures, et deux clichés ont été obtenus sur plaques panchromatiques. Ils ont permis de constater les nouveaux résultats suivants :

Les raies brillantes et très larges de l'hydrogène signalées dans la Note précédente se divisent en deux composantes : l'une plus brillante, déviée d'environ 7 angströms vers le rouge, et l'autre d'environ 16 angströms vers le violet. Une raie sombre et peut-être double existe du côté violet de H_γ.

En outre des raies de l'hydrogène on distingue encore trois bandes brillantes dans le jaune dont les milieux se trouvent vers $\lambda = 587,4$ (probablement l'hélium, 587,6), $\lambda = 575,4$ et $\lambda = 567,5$.

Dans le vert une large bande s'étend sur une longueur d'une trentaine d'angströms, dont le milieu est situé vers $\lambda = 500$. Il y a aussi une raie brillante à $\lambda = 493,7$.

Une large bande vers $\lambda = 465$, déjà signalée dans la Note précédente, se montre formée de deux composantes internes vers $\lambda = 462$ et $\lambda = 466$, et d'une troisième plus faible vers $\lambda = 470$.

On distingue encore, mais moins nettement, des raies brillantes vers $\lambda = 437,4$ et $\lambda = 458,3$.

Enfin le spectre continu de l'étoile présente des renforcements et des affaiblissements marqués, dus peut-être à des raies ou bandes que l'instrument n'a pas permis de séparer. Il y a, en particulier, des renforcements marqués aux environs de $\lambda = 425$ et $\lambda = 445$.

Ajoutons qu'étant donnée la grande largeur et la diffusion des raies brillantes de cette étoile, les longueurs d'onde indiquées ne peuvent être qu'approximatives.

Il est douteux que cette étoile présente les raies des nébuleuses ; la large bande qui s'étend vers $\lambda = 500$ étant la seule qui pourrait être identifiée avec une des raies des nébuleuses (500,7) est trop étendue pour permettre de trancher la question.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement discontinu d'un fluide dans un canal renfermant un obstacle.* Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

J'indique ici la détermination générale du mouvement plan permanent d'un fluide dans un canal rectiligne indéfini, où l'on suppose qu'un obstacle donné soit immergé. Nous admettrons qu'à l'arrière de l'obstacle solide, il existe un sillage fluide faisant corps avec lui, et qu'à l'infini du même côté, la vitesse du fluide qui coule soit égale à 1.

Soient : O le point du profil de l'obstacle, où le courant se divise ; Ox,

Oy deux axes dont le premier soit parallèle au canal, dans le sens du courant; (u, v) la vitesse d'une molécule fluide; φ, ψ, le potentiel et la fonction de courant. Posons

$$z = x + iy; \qquad f = \varphi + i\psi; \qquad w = u - iv = e^{-i\Omega} = \frac{df}{dz}.$$

Cas général où il n'y a pas symétrie par rapport à l'axe du canal. — Le fluide en mouvement occupe dans le canal une région (A), qui correspond dans le plan (f) à une région (B), facile à former. A cette région (B), je fais correspondre l'aire d'une demi-couronne circulaire dans un plan $\zeta = \xi + i\eta$ par les transformations suivantes :

$$f = -\mathrm{A}\log(t-a) - \mathrm{B}\log(t-b) + \mathrm{D},$$

$$t = a + b + \frac{1}{2}\,\frac{\wp'\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \wp'\gamma}{\wp\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \wp\gamma},$$

où A, B, a, b, D, γ, sont certaines constantes; t, une variable auxiliaire, et où $\wp$ est la fonction elliptique de Weierstrass, aux périodes 2ω, $2\omega'$.

Tous les éléments du mouvement, et la résistance de l'obstacle, se déterminent au moyen de ζ et de Ω, considéré comme fonction de ζ. Particulièrement, l'expression de la résistance directe est débarrassée de toute quadrature. Un prolongement analytique conduit à envisager cette fonction $\Omega(\zeta)$ dans la couronne circulaire dont la moitié constituait le domaine ci-dessus énoncé. Elle y est partout régulière, sauf en deux points de la frontière. De là on conclut que le degré de généralité de la question est celui d'une certaine série de Laurent (cf. une Note antérieure, *Comptes rendus*, 21 novembre 1910).

La fonction $\Omega(\zeta)$, qui correspond à l'obstacle formé de deux lames faisant avec Ox les angles $\delta \pm \alpha$, est

$$\Omega_0 = -\sum_1^\infty \frac{4\alpha}{\pi}\,\frac{\sin ns_0}{n\,\mathrm{sh}(n\log q)}\left\{\mathrm{sh}\left(n\log\frac{q}{\rho}\right)\cos n\sigma - i\,\mathrm{ch}\left(n\log\frac{q}{\rho}\right)\sin n\sigma\right\}$$

$$\left(\zeta = \rho e^{i\sigma},\ q = e^{-\frac{\pi\omega'}{i\omega}}\right).$$

Or, en introduisant la fonction σ de Weierstrass, je suis parvenu à faire voir que Ω_0 s'exprime par la formule

$$\Omega_0 = \frac{2\alpha i}{\pi}\log\left[\frac{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega}{\pi}s_0\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega}{\pi}s_0\right)}\right] + \frac{4\alpha\eta\omega s_0}{\pi^3}\log\zeta + \frac{2\alpha s_0}{\pi}.$$

En partant de là, et en passant par l'intermédiaire d'un obstacle polygonal (intermédiaire purement analytique), je démontre que la fonction $\Omega(\zeta)$, qui correspond à un obstacle quelconque, est

$$\Omega(\zeta) = \frac{i}{\pi} p'\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) \int_0^{\omega} \frac{\Phi(s)}{p\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - ps} ds,$$

où $\theta = \Phi(s)$ exprime la relation qui existe entre l'inclinaison θ de la tangente en un point du profil solide, et l'argument $\sigma \times \frac{\pi}{\omega} = s$, du point correspondant dans le plan ζ. $\Phi(s)$ est la fonction arbitraire du problème; elle satisfait seulement à la condition

$$\int_0^{\omega} \Phi(s)\, ds = 0.$$

La formule ci-dessus fournit pour $\Omega(\zeta)$ une expression qui n'est valable que *dans* la couronne, mais pas sur toutes les frontières. Néanmoins la fonction Ω qu'elle représente satisfait bien à toutes les conditions de continuité et autres voulues; et ses valeurs sur les frontières peuvent s'obtenir par une méthode détournée.

La même formule fournit *la solution la plus générale* du problème. La fonction $\Phi(s)$ peut y être choisie de manière à correspondre à une forme d'obstacle dont l'allure est donnée d'avance. On peut traiter une infinité de cas où les intégrations s'effectuent jusqu'au bout, pour des obstacles de profil connu *a priori*.

Avec des modifications insignifiantes, les mêmes fonctions Ω_0 et Ω ci-dessus résolvent complètement le problème du mouvement d'un solide dans un fluide limité par une paroi fixe indéfinie (cf. ma Note du 21 novembre 1910).

Cas où il y a symétrie par rapport à l'axe du canal. — 1° On peut applitout ce qui précède, en faisant

$$\delta = 0, \qquad s_0 = \frac{\pi}{2}, \qquad \gamma = \omega.$$

2° On peut, par une autre voie, effectuer la représentation sur demicouronne, par la formule

$$f = D - 2A\log\left[dn\left(\frac{2K}{i\pi}\log\zeta - K\right)\right] \qquad (\omega\sqrt{e_1 - e_3} = K,\ \omega'\sqrt{e_1 - e_3} = iK').$$

Alors on prendra Ω_0 sous la forme

$$\Omega_0 = \alpha + \frac{2\alpha i}{\pi} \log \frac{H\left(\frac{K}{i\pi}\log\zeta - \frac{K}{2}\right)}{H\left(\frac{K}{i\pi}\log\zeta + \frac{K}{2}\right)},$$

dn et H représentant les fonctions elliptiques de Jacobi et de Hermite.

3° On peut utiliser les formules obtenues par M. U. Cisotti (*Circolo di Palermo*, 1909) avec des fonctions elliptiques différentes des précédentes, et à l'aide desquelles on a

$$\Omega_0 = \frac{2\alpha\alpha i}{\pi}\int_u^{\omega}\frac{\sigma u}{\sigma_3 u}\,du \qquad \left[u = -\frac{2\omega}{i\pi}\log\left(\frac{\zeta}{i\sqrt{q}}\right)\right].$$

Partant de là, je parviens à faire voir que pour un obstacle quelconque la fonction Ω correspondante est

$$\Omega = \frac{2ai}{\pi}\xi_{13}u\,\xi_{23}u\int_0^{\omega}\frac{\Phi(s)\,\xi_{03}s}{1-(e_1-e_3)(e_2-e_3)(\xi_{03}u)^2(\xi_{03}s)^2}\,ds,$$

où l'on peut choisir la fonction arbitraire pour obtenir une forme d'obstacle donnée d'avance. En particulier, on obtient un obstacle en *proue de navire* en prenant

$$\Phi(s) = P\frac{\sqrt{ps - A}\,\sqrt{ps - e_2}}{ps - e_3} \qquad \left(e_3 < A < e_1,\ 0 < P < \frac{\pi}{2}\right).$$

PHYSIQUE. — *L'état hélicoïdal de la matière électrique; hypothèses nouvelles pour expliquer mécaniquement les phénomènes électromagnétiques.* Note de M. **A. Korn**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans ma théorie des vibrations universelles (1) j'ai appliqué les phénomènes de la gravitation (loi de Newton) et de la répulsion entre les particules d'un gaz (loi de Maxwell) d'une manière purement mécanique comme les conséquences des vibrations propres d'un système composé de particules faiblement compressibles (des particules pondérables) et d'une matière incompressible pour des vibrations rapides. La vibration fondamentale

(1) *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 31; *Ann. de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. XXV, 1908, p. 529; *Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen*, Berlin, 1902.

consiste dans des pulsations des particules pondérables; elle a pour conséquence, conformément aux résultats de Bjerknes, une attraction des particules pondérables d'après la loi de Newton. La première harmonique consiste dans des oscillations irrégulières des particules pondérables; elle a pour conséquence une répulsion des particules pondérables d'après la loi de Maxwell. Je crois qu'on pourra arriver aussi à expliquer les forces capillaires et les forces élastiques et même des forces de l'affinité chimique par les harmoniques supérieures.

Il y avait toujours plusieurs difficultés de faire entrer dans ces théories mécaniques les phénomènes électromagnétiques; il ne peut y avoir de doute que les particules électriques doivent être regardées comme ayant de petites particules pulsantes et qu'on doit les regarder comme ayant le même signe quand leurs phases coïncident, comme étant opposées quand leurs phases diffèrent de $\frac{\pi}{2}$. Mais dans ce cas la théorie ordinaire donne pour les actions réciproques la loi de Coulomb avec le signe opposé; on doit admettre que les particules pulsantes qui représentent des particules électriques doivent avoir d'autres propriétés que celles qui représentent des éléments de Newton. Pour vaincre cette difficulté on peut avoir recours à l'idée suivante : le principe de d'Alembert donne pour une matière continue l'équation

$$\sum\left(\mu\frac{du}{dt}\delta x+\ldots\right)d\tau=0, \tag{a}$$

où je désigne par $d\tau$ un élément dont la densité est μ, et dont les vitesses moyennes sont u, v, w, les déplacements virtuels δx, δy, δz. On peut parler d'un système proprement continu, quand on peut regarder u, v, w, δx, δy, δz comme des fonctions continues de t, x, y, z et quand on peut énoncer le principe de d'Alembert par la formule

$$\int\left(\mu\frac{du}{dt}\delta x+\ldots\right)d\tau=0. \tag{b}$$

Mais on peut aussi s'imaginer des systèmes *improprement continus*, pour lesquels on doit ajouter des termes additifs quand on passe de la formule (a) à une formule du genre (b), surtout quand il s'agit de mouvements très rapides. Pendant qu'on peut regarder les éléments de Newton comme proprement continus, il faut admettre que les éléments de la matière électrique sont plus compliqués, et l'on pourra expliquer par une telle complication le changement de signe qui a arrêté les raisonnements de Bjerknes.

Au lieu de réfléchir sur l'état moléculaire de la matière électrique ([1]), il m'a semblé d'abord plus simple de trouver les termes additifs qu'il faut ajouter dans la formule (b) pour la matière électrique. Ces termes doivent être tels qu'on revient à la mécanique ordinaire, c'est-à-dire à la formule (b) pour des mouvements ordinaires. De cette manière on ne quitte pas le sol ferme de la mécanique classique. Je suis arrivé aux hypothèses suivantes :

I. *Hypothèse des vibrations électromagnétiques.* — Les vitesses (mécaniques) d'un champ électromagnétique ont la forme

$$(1) \qquad u = u_0 + \acute{u}, \qquad \ldots, \qquad \acute{u} = u_1 \cos\frac{t}{T}2\pi + u_2 \sin\frac{t}{T}2\pi, \qquad \ldots,$$

T étant une durée extrêmement petite, u_0, u_1, u_2, ... remplissant les conditions que les expressions

$$T\frac{du_0}{dt}, \quad T\frac{du_1}{dt}, \quad T\frac{du_2}{dt}, \quad \ldots,$$

sont extrêmement petites en comparaison avec u_0, u_1, u_2, ...

II. La formule du principe de d'Alembert pour la matière électrique (considérée comme *improprement continue*) doit s'écrire

$$(2) \qquad \int\left[\left(\mu\frac{du}{dt}d\tau + 2\int_\Omega \mu u \hat{u}_\nu \, d\omega - 2u_0\int_\Omega \mu \hat{u}_\nu \, d\omega\right)\delta x + \ldots\right] = 0 \quad ([2]),$$

où je désigne par Ω la surface d'un élément $d\tau$ et par $\hat{u}_\nu$ l'expression

$$u_\nu = \hat{u}\cos(\nu x) + \hat{v}\cos(\nu y) + \hat{w}\cos(\nu z),$$

les ν représentant les normales intérieures de Ω.

([1]) Comme j'ai fait autrefois (*Eine Theorie der Gravitation und der elektrischen Erscheinungen auf Grundlage der Hydrodynamik*, Berlin, 1896-1898).

([2]) Quand les dilatations sont nulles, on peut écrire

$$\int\left[\left(\mu\frac{du}{dt}d\tau + 2\int_\Omega \mu u \hat{u}_\nu \, d\omega\right)\delta x + \ldots\right] = 0,$$

d'où l'on peut se former une intuition de l'hypothèse II comme énonçant une réflexion totale des vibrations $\hat{u}$, $\hat{v}$, $\hat{w}$ aux parois des éléments de la matière électrique.

Pour arriver aux équations du champ électromagnétique, je dois ajouter l'hypothèse suivante :

III. *Hypothèse de l'état hélicoïdal de la matière électrique* (hypothèse *des universellen Dralles*). — Les vitesses d'un champ électromagnétique ont toujours la forme suivante :

$$(3)\qquad u = U + \frac{\partial\varphi}{\partial x} - a\left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right), \qquad \ldots, \qquad \frac{dU}{dt} = \frac{dV}{dt} = \frac{dW}{dt} = 0,$$

c'est-à-dire qu'elles se composent de vitesses constantes, de vitesses dérivant d'un potentiel et de vitesses proportionnelles à leurs vitesses de rotation moléculaire ; a est une constante très petite.

Ces trois hypothèses suffisent pour expliquer tous les phénomènes électromagnétiques connus, on n'a à y ajouter que des conditions aux limites et l'hypothèse généralement admise qu'il faut compter avec le phénomène du frottement dans les milieux conducteurs, et nous pouvons expliquer ce phénomène du frottement aussi d'une manière purement mécanique à l'aide des vibrations universelles.

MAGNÉTISME. — *Recherches sur l'influence de la vitesse sur le compas.* Note de M. **Gaston Gaillard**, présentée par M. J. Violle.

Les vitesses atteintes aujourd'hui et plus spécialement par quelques destroyers anglais, nous ont fait nous demander si la vitesse n'aurait pas une action sur le compas.

Toutefois, la navigation ne permettant pas de se rendre maître de la direction d'une façon absolue et d'atteindre normalement les vitesses nécessaires pour des expériences de ce genre, nous avons essayé de les tenter sur voie ferrée et nous avons pu, grâce à l'amabilité de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, faire en février et juillet 1909 quelques essais préliminaires à des vitesses comprises entre 80^{km} et 120^{km}.

On sait que, pendant les longues routes EW, deux pôles tendent à se produire dans les murailles tribord et bâbord des navires.

Nous avons d'abord vérifié en nous plaçant à côté des voies une aimantation très nette de ce genre pour les côtés des voitures, aimantation variable avec la vitesse et ne disparaissant pas brusquement à l'arrêt.

En dehors de cette aimantation temporaire prise par les différentes parties magnétiques sous l'influence de la vitesse, nous avons vu tout de suite la

nécessité de distinguer de nombreuses influences qui paraissent intervenir et dont les actions, compliquées des orientations, se combinent réciproquement : influence directe sur le compas par une sorte de frottement ou d'entraînement et influence sur l'aimantation propre des aiguilles due au déplacement rapide dans le champ, sans parler des courants engendrés probablement dans la cuve qui joue en même temps un rôle d'écran et peut en partie masquer ces effets.

Mais, comme on le conçoit facilement, dans des conditions telles que celles où nous opérions (soit dans un wagon d'un train rapide ou sur une machine isolée) et qui ne permettent pas de faire toutes les manœuvres désirables, par suite du magnétisme sous-permanent développé par les vibrations et le roulement, etc., ainsi que de l'instabilité où l'on se trouve aux grandes vitesses, il n'était pas possible de déterminer les diverses données magnétiques et encore moins de dissocier et d'étudier ces différentes actions. Celles-ci sans doute ne semblent pas présenter un intérêt pratique immédiat, mais elles ne sont toutefois point sans portée générale, et nous nous proposons d'en continuer la recherche.

OPTIQUE. — *Les systèmes optiques en mouvement et la translation de la Terre.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. Lippmann.

1. *Effet de mouvement élémentaire.* — J'ai expliqué cinématiquement : l'entraînement partiel des ondes lumineuses par l'eau en mouvement (*Comptes rendus*, t. 129, p. 818; *Société française de Physique*, 1899); le principe de Veltmann et l'aberration astronomique étudiée avec un système optique quelconque (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1220). Mes raisonnements supposent que l'éther du vide n'est pas du tout entraîné dans la translation de la matière (hypothèse de Fresnel), ou, du moins, que la vitesse v du système optique par rapport à l'éther du vide est uniforme aux divers points du système. Mais, quelle que soit la distribution du vecteur v dans l'étendue du système, il est permis de conserver sous la forme suivante le principe de l'effet de mouvement élémentaire que j'ai établi en 1899 (*loc. cit.*) et qui va servir de base pour une théorie cinématique plus générale.

Sur chaque élément de longueur dl lié à un système optique, la translation du système fait varier la durée de propagation des ondulations lumineuses de $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ (effet de mouvement élémentaire); u désigne la composante,

suivant dl, de la vitesse v de l'élément dl du système par rapport à l'éther du vide; V_0 désigne la vitesse de la lumière *dans le vide*, même si l'élément dl est compris dans l'un des milieux matériels du système optique.

2. *Effet tourbillonnaire optique.* — J'appelle ainsi la variation ΔT que la durée de propagation sur le périmètre du circuit subit sous l'influence du mouvement relatif de ce circuit invariable et de l'éther du vide. C'est la somme des effets élémentaires $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ étendue à tous les éléments dl du circuit. Or, la somme des valeurs de $u\,dl$ représente (lord Kelvin) la *circulation* C de l'éther le long du circuit ou (Bjerknes) l'*intensité du tourbillon* correspondant, à travers le circuit. Introduisons la valeur moyenne b du vecteur de Bjerknes, ou densité du tourbillon, perpendiculairement à la surface S du circuit supposé plan. L'effet tourbillonnaire optique a pour valeur

$$\Delta T = \frac{C}{V_0^2} = \frac{bS}{V_0^2}. \tag{1}$$

Si la densité du tourbillon est toujours nulle, autrement dit, si le mouvement relatif de l'éther est *irrotationnel*, la valeur de ΔT est nulle et l'on peut appliquer le théorème de Veltmann (*loc. cit.*).

Si, au contraire, le mouvement relatif de l'éther est *rotationnel*, le retard ΔT produit une variation de phase (λ, longueur d'onde) :

$$x = \frac{bS}{\lambda V_0}. \tag{2}$$

Faisons alors interférer deux systèmes d'ondulations lumineuses qui ont parcouru en sens opposés le circuit optique de grande surface S (voir mes Notes, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1302 et 1676).

L'effet tourbillonnaire altérera de $2x$ la différence de phase des deux ondulations inverses, car il résulte d'effets de mouvement du premier ordre qui changent de sens avec la propagation de la lumière.

3. *Limite supérieure de l'entraînement de l'éther dans la translation de la Terre.* — Si l'éther est supposé entraîné au voisinage du sol, la vitesse relative v de la Terre et de l'éther augmente de Δv quand l'altitude croît de Δz et ne devient égale à la vitesse v_0 de translation de la Terre qu'à l'altitude où cesse l'entraînement.

Vers midi (ou minuit), la vitesse v est parallèle à l'horizon, le vecteur b est horizontal, voisin du méridien, et a pour valeur $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ (si l'on néglige la

courbure des lignes de flux de l'éther vis-à-vis de $\frac{b}{v}$). Dans ces conditions, la valeur (2) de x s'applique à la surface S d'un circuit vertical orienté est-ouest.

De midi à minuit, le sens de propagation de chaque ondulation se trouve retourné dans l'espace, la variation $2x$ de la différence de phase s'intervertit et les franges d'interférence doivent se déplacer de $4x$ rangs.

Au cours d'observations que je décrirai ailleurs, j'ai constaté que la position de la frange centrale de mon interféromètre à faisceaux inverses (*loc. cit.*, p. 1676) ne dépendait pas de l'heure. La précision des pointés a permis de déterminer une limite supérieure de x correspondant à $\frac{1}{10000}$ de longueur d'onde pour un circuit de 30^{m} de contour, incliné sur l'horizon; de projection verticale 20^{m^2}. D'après la formule (2), b ou $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ admet alors la limite supérieure $\frac{1}{1000}$ de radian par seconde. C'est dire que, pour une ascension verticale de 1^{m}; la vitesse relative v n'augmente même pas de la fraction $\frac{1}{3}10^{-7}$ de la vitesse v_0 de la Terre.

En reprenant la théorie de l'aberration des étoiles (*Comptes rendus*, 1905, *loc. cit.*) dans l'hypothèse d'un entraînement de l'éther près du sol, on voit aisément qu'elle subsiste, à condition de définir l'aberration par la vitesse relative v du globe et de l'éther *au lieu d'observation*. Comme la valeur de la vitesse v_0 de la Terre fait retrouver la valeur observée de l'aberration, à l'approximation de $\frac{1}{100}$, c'est que la vitesse d'entraînement $(v_0 - v)$ près du sol admet $\frac{1}{100}v_0$ comme limite supérieure. Le résultat de mes observations complète le précédent. De plus, il montre qu'il faut réduire beaucoup la limite supérieure de la vitesse d'entraînement $(v - v_0)$ si l'on ne veut pas admettre que cette vitesse soit encore notable à de grandes altitudes.

4. *Effet tourbillonnaire optique angulaire.* — Soient deux lunettes dirigées l'une vers l'autre à une grande distance mutuelle D. Sur l'aire $(D.l)$ de la section (diamètre l) du long faisceau lumineux qui sépare les lunettes, l'effet tourbillonnaire produit le retard ΔT ou $\frac{b}{V_0^2}D.l$ entre les deux vibrations élémentaires propagées suivant les bords opposés du faisceau. Pour que le synchronisme focal soit rétabli, l'image du foyer d'une lunette au foyer de l'autre doit être déviée d'un angle ε tel que l'avance géométrique correspondante εl compense justement le retard géométrique $V_0\Delta T$. On en déduit aisément que si la lunette L_2 est exactement pointée sur la lunette L_1, celle-ci est dépointée, par rapport à L_2, de l'angle 2ε ou $\frac{2bD}{V_0}$.

D'après la limite supérieure de b, que mes observations ont établie, l'effet tourbillonnaire angulaire 2ε admet la limite supérieure $\frac{2}{3}10^{-13}\,\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{c.m.}}$.

Pour déterminer directement cette limite, il aurait fallu fixer la précision des pointés réciproques des deux lunettes à moins de $0'',1$ à travers une couche atmosphérique de 150^{km} de longueur, ou bien à moins de $0'',1$ à 15^{km} de distance.

THERMODYNAMIQUE. — *Application du principe de Lenz aux phénomènes qui accompagnent la charge des condensateurs.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

Je résumerai d'abord, en une seule, les démonstrations relatives à ces phénomènes données par Pellat [1] et par Sacerdote [2] en utilisant la remarque de Massieu.

Soit un *condensateur fermé* dont les armatures minces sont collées sur le diélectrique. L'armature externe B communique à l'enceinte, tandis que l'interne est portée au potentiel $V > 0$.

L'état de ce condensateur dépend de V, de sa température T et des pressions uniformes P et p qui règnent l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur.

Supposons P constant.

Sous l'influence des variations dV, dT, dp, la charge M de A augmente de dM, le diélectrique reçoit une quantité de chaleur dQ, le volume intérieur (cavité) v augmente de dv et le volume extérieur v' de dv'.

L'accroissement d'énergie du condensateur dans cette transformation est

$$dU = V\,dM + J\,dQ + p\,dv - P\,dv'. \tag{1}$$

Si cette transformation a lieu d'une manière réversible, dU, $d(MV)$, $d(pv)$ et $d(Pv')$ sont différentielles exactes, et il en est de même de

$$dX = dU - d(MV) - d(pv) + d(Pv') = -M\,dV + J\,dQ - v\,dp. \tag{2}$$

Posons

$$dQ = a\,dV + b\,dp + c\,dT \tag{3}$$

(1) Pellat, *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 18.

(2) P. Sacerdote, *Thèse de doctorat*, p. 9. Paris, 1899.

et écrivons que dX et dS sont différentielles exactes :

$$(4)\qquad -\frac{\partial M}{\partial p}+J\frac{\partial a}{\partial p}=J\frac{\partial b}{\partial V}-\frac{\partial v}{\partial V},$$

$$(5)\qquad -\frac{\partial M}{\partial T}+J\frac{\partial a}{\partial T}=J\frac{\partial c}{\partial V},$$

$$(6)\qquad J\frac{\partial b}{\partial T}-\frac{\partial v}{\partial T}=J\frac{\partial c}{\partial p},$$

$$(7)\qquad \frac{\partial a}{\partial p}=\frac{\partial b}{\partial V},$$

$$(8)\qquad \frac{\partial a}{\partial T}-\frac{a}{T}=\frac{\partial c}{\partial V},$$

$$(9)\qquad \frac{\partial b}{\partial T}-\frac{b}{T}=\frac{\partial c}{\partial p};$$

d'où, en tenant compte de $M=CV$,

$$(10)\qquad \frac{\partial v}{\partial V}=\frac{\partial M}{\partial p}=V\frac{\partial C}{\partial p},$$

$$(11)\qquad a=\frac{T}{J}\frac{\partial M}{\partial T}=\frac{T}{J}V\frac{\partial C}{\partial T},$$

$$(12)\qquad b=\frac{T}{J}\frac{\partial v}{\partial T}.$$

1° *Dilatation électrique des condensateurs.* — De (10) on tire facilement

$$(13)\qquad \frac{\Delta v}{v}=3(\alpha+\varkappa)\tau,$$

α désignant l'inverse du module d'Young;

$\varkappa$ le coefficient d'augmentation de la constante diélectrique par traction uniforme perpendiculaire aux lignes de force;

τ l'énergie par unité de volume dans le diélectrique.

2° *Échauffement adiabatique* θ *du diélectrique pendant la charge à pression constante.* — De (3) et (11) on déduit facilement

$$(14)\qquad \theta=-\frac{T}{J}\frac{h}{d\gamma}\tau,$$

h désignant le coefficient $\frac{1}{C}\frac{\partial C}{\partial T}$, d la densité et γ la chaleur spécifique du diélectrique à pression et potentiel constants.

Il y a donc échauffement si $h<0$ (cas du verre et de la paraffine), refroidissement si $h>0$ (cas de l'ébonite). Ces variations de température ne dépassent pas d'ailleurs 10^{-5} pour le verre et 10^{-4} pour l'ébonite.

II. *Application du principe de Lenz généralisé.* — Lorsqu'on augmente la différence de potentiel entre les armatures d'un condensateur, non seulement la capacité augmente, ce qui s'oppose à la variation de V, mais chacun des facteurs immédiats de C (K, S et e) varie dans le sens qui convient pour produire cette augmentation de capacité. On sait en effet depuis longtemps que S augmente et que e diminue sous l'influence de la tension électrostatique, et les expériences d'Ercolini ont mis hors de doute l'augmentation de K; mais on aurait pu admettre ce dernier phénomène comme *nécessaire* par extension du principe de Lenz.

Par contre, l'augmentation de capacité est combattue à son tour par les variables dont elle dépend, autres que V. Ainsi l'extension de S est combattue par les réactions élastiques qu'elle développe; de même si le condensateur est hermétiquement clos, l'augmentation du volume intérieur provoque une diminution de pression qui réagit contre l'extension des parois.

De même aussi *la température du diélectrique varie dans un sens tel que cette variation tende à faire diminuer la capacité* [voir formule (14)].

On voit donc qu'il faut se garder de trop généraliser l'application du principe de réaction (ou de conservation) de Lenz en disant que tous les facteurs dont dépend la capacité, directement ou indirectement, se ligueront pour faire augmenter celle-ci; *cela n'est vrai que des paramètres immédiats*, c'est-à-dire qui agissent directement sur la capacité : K, S, e.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une interprétation physique de la chaleur non compensée.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

I. Un grand nombre de modifications ou de transformations matérielles sont accompagnées de phénomènes électriques; témoins les actions chimiques, les déformations mécaniques, les variations thermiques des cristaux, etc.

La déformation d'une substance peut d'ailleurs déterminer l'électrisation effective de ses divers éléments de volume sans donner lieu à aucune manifestation électrique extérieure : il suffit que les axes des doublets engendrés soient orientés à la fois dans toutes les directions sans qu'aucune d'elles soit privilégiée. L'absence d'électricité libre ou de phénomènes électriques sensibles ne permet donc pas de conclure à l'absence d'électrisation et l'on peut concevoir que cette absence soit plutôt exceptionnelle.

La théorie électronique de la matière est évidemment favorable à cette

conception. Toute modification matérielle entraînant une variation du moment électrique de l'atome doit être considérée comme donnant lieu à électrisation; les modifications qui peuvent intervenir sans variation de ce moment électrique étant caractérisées, au contraire, par l'absence d'électrisation.

Nous laisserons provisoirement de côté les transformations qui seraient accompagnées soit de courants de conduction, soit de phénomènes d'ionisation ou de désagrégation atomique.

II. Partageons notre système en éléments de volume dont nous désignerons les températures par Θ_1, Θ_2, ...

Soient $+dm_1$ et $-dm_1$ les charges élémentaires simultanément développées dans l'élément dont la température est Θ_1. Soient, en outre, q_1, q'_1, q''_1, ..., les autres paramètres dont dépend l'état de cet élément.

Notre analyse s'étendra au cas très général où les charges dm_1, dm_2, ..., s'expriment en fonction des modifications sensibles correspondantes par des relations de la forme

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} dm_1 = A_1 dq_1 + A'_1 dq'_1 + \ldots + M_1 d\Theta_1, \\ dm_2 = A_2 dq_2 + A'_2 dq'_2 + \ldots + M_2 d\Theta_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{array}\right.$$

les coefficients A et M pouvant être en général fonctions, non seulement des paramètres q et Θ, mais aussi des vitesses de déformations $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\Theta}{dt}$.

La première des relations (1) permet de considérer dm_1 comme la somme des charges $A_1 dq_1$, $A'_1 dq'_1$, ..., $M_1 d\Theta_1$ respectivement développées dans l'élément de volume considéré par les modifications dq_1, dq'_1, ..., $d\Theta_1$. De même, la charge simultanée $-dm_1$ peut être regardée comme la somme des charges $-A_1 dq_1$, $-A'_1 dq'_1$, ...

Or l'apparition simultanée des charges $+A_1 dq_1$ et $-A_1 dq_1$ constitue un courant de déplacement proportionnel à $A_1 \frac{dq_1}{dt}$. Les expériences de Naccari et Bellati, Borgmann, Steinmetz, Kleiner, Eister, etc., ont montré qu'il y a dissipation d'énergie, sous forme de dégagement de chaleur, dans le diélectrique d'un condensateur soumis à un champ alternatif. Cette perte d'énergie est proportionnelle au carré de la différence de potentiel maxima entre les armatures (Borgmann, Steinmetz, Eister).

L'analogie de cette loi avec celle qui régit le dégagement de chaleur dans un conducteur parcouru par un courant alternatif conduit à admettre qu'un

courant de déplacement tel que $A_1 \frac{dq_1}{dt}$ est toujours accompagné, dans les diélectriques, d'un dégagement de chaleur (que nous proposons d'appeler *chaleur de Siemens*) (¹) proportionnel au carré du courant, c'est-à-dire à $A_1^2 \left(\frac{dq_1}{dt}\right)^2$, ce dégagement pouvant être nul si $A_1 = 0$, ou si $\frac{dq_1}{dt} = 0$.

On obtient alors les résultats suivants :

Si les $\frac{dq}{dt}$ et les $\frac{d\theta}{dt}$ sont tous infiniment petits (transformation réversible), la chaleur de Siemens, composée de termes proportionnels aux $A^2 \left(\frac{dq}{dt}\right)^2$ et aux $M^2 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$, c'est-à-dire du second ordre, devra être considérée comme nulle.

Réciproquement, supposons nulle la chaleur de Siemens. Deux cas sont à distinguer.

Premier cas. — *Tous les coefficients* A *et* M *sont différents de zéro (cas général).* — Dans ce cas, tous les $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$ sont négligeables, c'est-à-dire infiniment petits ou nuls, en même temps que la chaleur de Siemens : la transformation est réversible.

Deuxième cas. — *Quelques-uns des coefficients* A *ou* M *sont nuls.* — Dans ce cas, les quotients $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$ relatifs aux coefficients nuls peuvent être finis et différents de zéro (transformation irréversible) sans apparition de chaleur de Siemens. La transformation considérée n'entraîne alors aucune électrisation (²).

Si l'on rapproche ces résultats des énoncés thermodynamiques connus, on voit que, pour les transformations non accompagnées de conduction, d'ionisation ou de désagrégation atomique, la chaleur de Siemens se mani-

(¹) Du nom du physicien qui paraît l'avoir observée pour la première fois : Siemens, *Monatsber. d. Berl. Akad.*, octobre 1861.

(²) Soient en effet A_i ou M_i les coefficients nuls, A_j et M_j ceux différents de zéro. La chaleur de Siemens étant nulle, les $\frac{dq_j}{dt}$ et $\frac{d\theta_j}{dt}$ sont infiniment petits ou nuls, mais les $\frac{dq_i}{dt}$ et $\frac{d\theta_i}{dt}$ peuvent être tous différents de zéro. Les dq_j et $d\theta_j$ sont alors négligeables devant les dq_i et les $d\theta_i$. Tous les $A\,dq$ et $M\,d\theta$ sont donc nuls et par suite aussi tous les dm.

feste ou disparaît précisément dans les mêmes conditions que la chaleur non compensée, les transformations irréversibles ne donnant pas lieu à électrisation étant assimilables aux transformations irréversibles sans frottement ni viscosité envisagées par M. Duhem et M. Amagat.

Nous sommes donc conduits à assimiler, dans ces conditions, la chaleur non compensée à de la chaleur de Siemens, comme elle essentiellement positive.

PHYSIQUE. — *Sur un procédé d'observation des trajectoires suivies par les éléments d'un courant d'air gêné par des obstacles de formes variables.* Note de M. A. **Lafay**, présentée par M. Maurice Hamy.

Dans l'étude de l'écoulement de l'air autour des corps, il est de la plus haute importance de pouvoir déterminer les directions prises par ce fluide en des points convenablement choisis dans le champ aérodynamique. La méthode habituellement employée consiste à promener, dans le courant, de minuscules girouettes ou, plus simplement, un bout de fil souple et fin fixé à l'extrémité d'une tige. Pour obtenir une plus grande précision, on est obligé d'avoir recours à des dispositifs analogues à ceux qui ont été imaginés par Marey à l'occasion de ses recherches, aujourd'hui classiques, sur le mouvement de l'air (¹). On a également pu, dans certains cas, utiliser des phénomènes optiques basés sur les variations de réfrangibilité que l'air éprouve quand on élève sa température. De belles applications de ce genre ont été, en particulier, réalisées par M. Tanakadaté pour étudier le mouvement tourbillonnant provoqué dans l'air par une petite hélice fonctionnant au point fixe (²).

Le procédé que je vais indiquer dans cette Note se prête, lorsqu'il est nécessaire, à l'exécution d'expériences aussi délicates que celles du savant japonais que je viens de citer; il peut être également mis en œuvre avec autant de commodité que la méthode du fil, tout en donnant des résultats bien supérieurs, lorsqu'il s'agit de procéder à une exploration générale d'un courant.

Il est basé sur l'emploi du gaz acétylène qui est actuellement un produit commercial courant et qui peut être obtenu facilement dans les laboratoires

(¹) Marey, *Chronophotographie du mouvement de l'air* (*Journal de Physique*, 4ᵉ série, t. I, p. 129).

(²) *Comptes rendus*, 18 juillet 1910, p. 211.

les plus modestement outillés. Ce gaz, dont la densité est très voisine de celle de l'air, présente l'énorme avantage d'avoir un indice relatif élevé, de telle sorte qu'il suffit d'éclairer un jet d'acétylène dans l'air, avec une source lumineuse peu étendue, pour voir apparaître, sur un écran placé au delà, la silhouette du jet qui se détache comme une bande brillante bordée par deux lignes sombres.

Si, à l'aide d'un tube de faible section (2^{mm} à 3^{mm}), on introduit ce jet dans le vent d'une soufflerie, la projection lumineuse correspondante prend différents aspects suivant la vitesse que le filet d'acétylène possède à sa sortie. Si cette vitesse est inférieure à celle du courant dans lequel on l'introduit, le jet se trouve presque immédiatement absorbé par l'air, et l'image obtenue rappelle la forme de la flamme d'un brûleur Bunsen; dans le cas contraire, le jet s'étale en forme de plumeau. En égalisant les vitesses de l'acétylène et de l'air, on obtient une ligne lumineuse dont la longueur est d'autant plus grande que le vent présente un moins grand degré de *turbulence*. Avec un courant d'air parfaitement régulier, on pourrait presque réaliser le filet idéal des théoriciens; il n'en est malheureusement pas ainsi dans le cas où l'air est mis en mouvement par un ventilateur dont les ailes brassent énergiquement le fluide et produisent des effets nuisibles bien difficiles à atténuer.

D'ailleurs l'aspect même du jet explorateur permet de se rendre compte du degré de régularité du vent, et l'on peut avantageusement substituer cet examen optique à la méthode acoustique, basée sur l'emploi du microphone, dont j'ai fait usage dans un précédent travail [1].

Le débit de l'acétylène ayant été réglé de manière à donner au jet le maximum de longueur, il suffit de transporter ce dernier dans le voisinage des obstacles placés dans le vent pour voir sa silhouette s'incurver et dessiner la perspective des trajectoires que l'on désire étudier.

L'observation directe sur l'écran donne l'impression d'un trait continu, dont l'intensité s'égalise progressivement avec celle des régions voisines et qui s'évanouit après un parcours plus ou moins long suivant que l'on se trouve dans une région plus ou moins troublée.

La réalisation de photographies obtenues avec une étincelle électrique montre souvent que l'extrémité du trait est discontinue et se compose d'une série de nébulosités analogues à des flocons de fumée. Cet effet n'est pas dû à la diffusion normale de l'acétylène dans l'air, mais à la turbulence

(1) *Comptes rendus*, 11 juillet 1910.

du courant; avec un vent faible et régulier, 2^{mm} à 3^{mm}, tel que celui qui s'établit parfois dans un couloir réunissant les deux faces d'un édifice, on obtient des jets qui restent continus sur une longueur de 15^{cm} à 20^{cm}; s'il était possible d'augmenter la vitesse de l'air sans altérer la régularité du courant, il est vraisemblable qu'on augmenterait dans le même rapport la longueur du filet d'acétylène.

Si par excès de précaution on désirait n'introduire dans l'air que du gaz ayant rigoureusement la même densité, on y parviendrait en refroidissant l'acétylène à une trentaine de degrés au-dessous de la température ambiante ou en lui ajoutant de l'acide carbonique; environ 3^l de CO^2 pour 8^l de C^2H^2.

L'indice de ce mélange est suffisant pour qu'on obtienne les mêmes effets optiques.

Enfin, pour des expériences de cours, on peut substituer avantageusement à l'acétylène de l'éthylène qui ne répand pas une odeur désagréable et a un indice encore plus élevé.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'extensibilité du caoutchouc vulcanisé.* Note de MM. **Chéneveau** et **Heim**, présentée par M. H. Léauté.

L'un de nous (F. Heim, *Recherches scientifiques sur les matières premières*, Paris, 1901, p. 74) a antérieurement fait connaître qu'on pouvait relier l'allongement total y d'une éprouvette de caoutchouc vulcanisé à la charge x qui le provoque, par une relation de la forme

$$y = cx + a \sin^2 bx; \tag{1}$$

c, a, b sont des coefficients dépendant de la nature du caoutchouc considéré; ils caractérisent respectivement l'allongement initial, l'allongement moyen et l'allongement limite.

On sait que l'allongement total est, pour une charge donnée, proportionnel à la longueur initiale l de l'éprouvette (Stewart). Nous avons trouvé qu'il varie en raison inverse de l'aire s de la section transversale.

Le coefficient c est relié, lui aussi, à la longueur et à la section par une relation $c = k\frac{l}{s}$. L'expérience montre que le coefficient a est également de la forme $a = \alpha\frac{l}{s}$, tandis que le coefficient b est indépendant des dimensions de l'éprouvette.

L'équation (1) de la courbe d'extensibilité peut donc être transformée, par l'introduction des constantes spécifiques k et α, et donne, dans ce cas, l'allongement y en centimètres, d'une éprouvette de longueur et de section unités, sous l'influence d'une charge x, exprimée en kilogrammes.

$$y = kx + \alpha \sin^2 bx. \tag{2}$$

Nous avons vérifié, sur un grand nombre de caoutchoucs d'origines diverses, vulcanisés dans des conditions différentes, que les équations (1) ou (2) représentent bien la formule générale de la courbe caractéristique d'extensibilité, courbe en forme d'S plus ou moins allongée.

L'expérience montre que meilleur (d'après l'appréciation industrielle empirique) est le caoutchouc, plus élevées sont les constantes k et α, caractéristiques de l'allongement initial et de l'allongement moyen; on peut donc classer, dans l'ordre même de leur valeur empiriquement déterminée, et caractériser numériquement les divers caoutchoucs vulcanisés, d'après la simple considération de ces deux constantes.

Nous avons reconnu que les coefficients k, α et b varient avec les tractions successives, subies par une même éprouvette; ce n'est guère qu'à partir de la troisième traction, que le caoutchouc vulcanisé possède des propriétés élastiques stables.

La constante b paraît, d'une manière générale, croître en proportion de la valeur du caoutchouc, mais la détermination de cette constante ne conduit pas, quant à la caractérisation de la valeur des caoutchoucs, à des conclusions aussi nettes que la détermination des constantes k et α.

La loi d'extensibilité reste vraie jusqu'à la charge de rupture X, laquelle est exprimée par unité de section; l'allongement total limite pour une éprouvette de longueur et de section unités sera, en conséquence, de la forme

$$Y = kX + \alpha \sin^2 bX.$$

L'expérience montre que le produit bX prend des valeurs croissantes, à mesure que la qualité du caoutchouc diminue; la considération de cette constante permet de classer les caoutchoucs dans le même ordre, au point de vue de leurs qualités, que celui indiqué par les constantes k et α; il en résulte que l'allongement Y va constamment en diminuant, lorsqu'on passe d'un caoutchouc bon à un caoutchouc de plus en plus médiocre.

La détermination expérimentale des constantes k, α et bX permet de caractériser, d'une manière absolument précise, un caoutchouc déterminé.

Comme il est loisible de soumettre tout caoutchouc à des essais comparatifs de vulcanisation, il devient facile de déterminer, à l'aide de constantes d'extensibilité, les conditions optima de la vulcanisation de chaque gomme et la valeur respective de chaque gomme à l'état cru. C'est dans le but de fixer les conditions d'application de la méthode d'essai des caoutchoucs par extension, que le Service des recherches sur le caoutchouc, à l'Office colonial, a poursuivi l'étude résumée ci-dessus.

Au point de vue théorique, la considération de la forme de la courbe d'extensibilité conduit à une hypothèse sur la constitution moléculaire du caoutchouc vulcanisé.

La courbe d'extensibilité se laisse décomposer en trois parties distinctes, correspondant chacune aux allongements initial, moyen et limite; le caoutchouc semble se comporter, pendant le travail d'extension, comme une matière à molécules formées d'un noyau à forte ténacité, à extensibilité très faible et d'une enveloppe molle, à faible ténacité, à extensibilité forte.

L'allongement initial du caoutchouc correspondrait à l'extension de la matière enveloppante, seule sollicitée par des faibles efforts de traction; l'allongement moyen correspondrait à l'extension simultanée et inégale de l'enveloppe et du noyau sous l'influence de charges croissantes; enfin l'allongement limite, qui précède la rupture, correspondrait, sous l'influence des fortes charges, à la déformation très limitée de la substance nucléaire.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure des liquides à coniques focales.* Note de MM. G. Friedel et F. Grandjean, présentée par M. Pierre Termier.

Les observations de M. Mauguin [1] sur l'azoxyphénétol, en lumière convergente, ont mis hors de doute que le liquide et ses congénères (liquides à noyaux) sont biréfringents dans toute leur masse, contrairement à ce que tendaient à faire croire nos premières observations [2].

En employant le corps très pur, entre verres soigneusement nettoyés et en évitant tout déplacement relatif des verres, on parvient à transformer chaque cristal solide en une masse liquide biréfringente et optiquement homogène. Si l'on ne prend pas minutieusement ces précautions, on observe les plages que nous avons décrites. Toutes

(1) *Comptes rendus*, 14 novembre 1910.
(2) *Comptes rendus*, 25 juillet 1910.

les propriétés optiques de ces plages s'interprètent en admettant, avec M. Mauguin, pour le liquide biréfringent qui adhère aux verres par des pellicules excessivement minces que la fusion isotrope elle-même laisse intactes, une structure hélicoïdale raccordant entre elles d'une manière continue les sections principales des deux pellicules superficielles.

Nous avons retrouvé dans l'azoxybenzoate d'éthyle et ses congénères (liquides à coniques focales) le fait observé par M. Mauguin. Lorsqu'on fait fondre avec précaution une masse cristalline d'azoxybenzoate comprise entre deux verres, chaque cristal solide, biaxe positif et ayant sa bissectrice positive normale à l'allongement, se transforme en une masse liquide sensiblement homogène au point de vue optique, très biréfringente, uniaxe positive et dont l'axe est normal à l'allongement sans coïncider d'ailleurs avec la bissectrice du cristal solide ni, en général, avec la normale au verre. Les groupes de coniques focales fins et nombreux qui se montrent presque toujours dans ces plages, surtout sur les bords, et en troublent un peu l'homogénéité, se composent chacun d'un cercle et d'une droite normale. Toutes les droites sont parallèles, et dirigées suivant l'axe optique du liquide (¹). Il est certain, d'après ces observations, que ces liquides aussi sont biréfringents dans toute leur masse et ont en chaque point un ellipsoïde optique bien défini et de forme constante.

Dans les plages ordinaires non homogènes, contenant des groupes de coniques focales de formes et d'orientations variées, la structure devient trop compliquée pour que l'on puisse en général la démêler directement. Toutefois l'observation, en lame mince, des plages dans lesquelles l'orientation optique ne varie pas trop rapidement, confirme bien la constance du caractère uniaxe positif. D'autre part, le fait suivant permet de se rendre compte de la structure du liquide à coniques.

Lorsqu'on le fait passer à l'état solide, l'azoxybenzoate cristallise en grands cristaux qui, s'avançant à travers la masse, détruisent totalement la structure du liquide à coniques. Il n'en est pas de même pour l'azoxycinnamate d'éthyle ou mieux pour les mélanges plus aisément observables d'azoxybenzoate avec une très faible proportion d'azoxycinnamate. Ces liquides, qui ne cristallisent qu'en éléments cristallins très petits, se transforment par refroidissement en une masse vermiculée. Or cette masse *con-*

(¹) Plus généralement, si l'ensemble des groupes focaux sépare deux plages liquides d'orientations différentes, les hyperboles se raccordent, de part et d'autre de cet ensemble, avec les axes optiques des deux plages.

serve la trace de la structure du liquide à coniques. Ses éléments cristallins s'enroulent autour des coniques focales, de sorte que tout point d'interruption d'une conique à la surface de la masse devient le centre d'un système de stries concentriques bien visibles à la surface, et que dans toute l'épaisseur du solide on continue ainsi d'apercevoir les coniques du liquide, qui n'ont point changé de forme ni de position. Elles sont seulement moins nettes, moins fines, et il est manifeste que la cristallisation, quoique dirigée par la structure du liquide, ne suit qu'assez grossièrement les orientations qui lui sont ainsi imposées. Néanmoins, dans l'ensemble toujours, et le plus souvent jusque dans les très petits détails, la masse liquide se fige ainsi en un solide cristallin dont l'orientation est déterminée, en chaque point, par celle du liquide. Cela est confirmé par l'observation suivante : si, après solidification, on revient à l'état liquide anisotrope, on retrouve les coniques aux mêmes places et le liquide reprend la même structure qu'avant la cristallisation. L'opération peut être répétée un nombre quelconque de fois sans modification notable des détails de structure du liquide ni du solide. Il y a seulement, après chaque cristallisation et retour à l'état liquide, apparition de quelques très petits groupes de coniques, troubles locaux évidemment déterminés par la tendance des éléments cristallins à croître en ligne droite en échappant plus ou moins à l'action directrice du liquide. Mais les coniques initiales subsistent toujours.

L'observation de la masse solide permet ainsi de reconnaître la structure du liquide. On constate que chaque conique est un axe d'enroulement comparable au centre d'un sphérolithe ou mieux à l'axe d'une stalactite, et que les sections de ces enroulements sont circulaires dans le plan de l'ellipse et dans celui de l'hyperbole, à l'intérieur du domaine du groupe de coniques focales, tel que nous l'avons antérieurement défini (limité par les 2 ou 4 cônes de révolution ayant leur sommet à l'extrémité de chaque branche de conique et s'appuyant sur l'autre). Il en résulte que, dans l'intérieur du domaine d'un groupe de coniques focales, les sections principales du liquide sont tangente et normale (l'axe optique normal) en chaque point à une *cyclide de Dupin* appartenant à la famille de cyclides parallèles définie par les deux coniques. Il y a là une généralisation bien inattendue de la notion de sphérolithe.

Dans le cas particulier où les coniques focales se réduisent à un cercle et une droite, la structure est régie par la famille de tores définis par ces deux éléments.

On comprend ainsi ce que sont ces singulières coniques : ce sont des axes

d'enroulement de la matière anisotrope et, par suite, des lignes de discontinuité optique. C'est pourquoi elles sont visibles, même en lumière naturelle, et plus accentuées dans les liquides plus biréfringents. On explique entièrement aussi pourquoi elles sont plus accentuées vers le sommet et notamment pourquoi l'hyperbole s'efface en approchant des asymptotes : dans cette région, en effet, il y a enroulement autour de l'axe optique, c'est-à-dire que la discontinuité *optique* disparaît. Ce qui conduit à considérer les plages d'apparence homogènes, dans lesquelles viennent se perdre de nombreuses branches d'hyperboles parallèles, comme homogènes au seul point de vue optique et composées d'éléments qui n'ont qu'une seule direction commune, celle qui correspond à l'axe optique. La structure est par suite très différente de celle de la matière cristallisée homogène.

En dehors des domaines, qui ne remplissent pas tout l'espace, la structure de la masse solidifiée indique un raccordement continu des orientations, raccordement dont les lois restent à établir.

BOTANIQUE. — *Un nouveau Champignon pathogène pour l'Homme.* Note de M. **Louis Matruchot**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Pendant longtemps, à la suite des travaux de Pasteur et de ses élèves, ce furent surtout les maladies causées par des Bactéries qui fixèrent l'attention des médecins et des biologistes. Il est cependant d'autres agents pathogènes dont le rôle, longtemps méconnu, est important : de ce nombre sont les Champignons parasites agents des mycoses. Mais, si l'on en excepte les dermatomycoses, plus anciennement et mieux connues, on peut dire que l'étude des mycoses est encore presque entièrement à faire et qu'il y a là un vaste domaine à explorer.

A côté des sporotrichoses, dont les agents sont des *Sporotrichum* (1) et formes voisines, et dont de récentes recherches, en particulier celles de de Beurmann et Gougerot, ont montré la fréquence et l'importance insoupçonnées jusqu'ici, il convient de placer un type nouveau de mycose, que ses caractères cliniques semblent rapprocher des sporotrichoses, mais dont l'agent est un Champignon non encore décrit, auquel je donne le nom de

(1) Matruchot et Ramond, *Bull. Soc. Biologie*, novembre 1905. — Matruchot, *Comptes rendus*, 28 février 1910.

Mastigocladium Blochii (¹) et qui me paraît différer assez profondément des *Sporotrichum*.

Ce Champignon a été isolé, chez l'Homme, de chancres verruqueux d'inoculation des deux mains et des coudes, avec lymphangite gommeuse ascendante des deux bras. Les cultures, obtenues en prélevant aseptiquement un peu du contenu liquide de gommes sous-cutanées fermées, se sont d'emblée montrées pures, et il n'y avait pas d'autres germes dans les lésions : le Champignon isolé est donc bien l'agent de la maladie observée.

Le *Mastigocladium Blochii* Matr. présente, dans les cultures jeunes sur milieux artificiels, tous les caractères d'une Mucédinée, c'est-à-dire d'un Champignon filamenteux à mycélium cloisonné et incolore, et dont la reproduction se fait uniquement par conidies. Parmi les Mucédinées hyalosporées, il se place au voisinage des Verticilliées ; mais ses caractères spéciaux le font différer de tous les genres actuellement connus.

Le mycélium est fin (diamètre $0^{\mu},5$ à $1^{\mu},5$), cloisonné, peu ramifié, tendant manifestement à s'agréger. Sur le mycélium stérile rampant se dressent des rameaux différenciés qui donnent naissance aux conidies. Les conidiophores, toujours simples, s'insèrent sur le mycélium par une base assez large, présentant néanmoins une légère constriction ; ils ont une forme conique très allongée et se terminent par une pointe très effilée à l'extrémité de laquelle se forme, suivant le mode centripète, un chapelet indéfini de conidies.

Les spores restent très longtemps adhérentes l'une à l'autre si l'atmosphère est sèche ; elles figurent assez bien la lanière toruleuse d'un fouet dont le conidiophore serait le manche : c'est cette particularité, très frappante, que tend à rappeler le nom de *Mastigocladium*. A maturité et sous l'influence de l'humidité les spores se désagrègent et se détachent les unes des autres par le jeu d'un disque de callose qui s'observe dans chaque isthme séparant deux spores consécutives.

Si la forme générale du filament conidiophore est assez constante et caractéristique, ses dimensions, ainsi que le nombre et les dimensions des conidies, le sont moins. La longueur du conidiophore varie de 20^{μ} à 30^{μ}; les spores, de forme ovale, ont 3^{μ}-4^{μ} de long sur $1^{\mu},5$-2^{μ} de large ; leur nombre dans un même chapelet est très grand et indéterminé.

Si l'on s'en tenait aux seuls caractères de la forme Mucédinée qui vient d'être décrite, il serait difficile et assez vain de rechercher les affinités de ce champignon avec les autres Mucédinées. Tout au plus pourrait-on dire qu'il s'éloigne franchement des Oosporées et se rapproche des *Spicaria*. Mais, pour des raisons qu'il serait trop long de développer ici, je crois plutôt que les affinités réelles le rattachent à certaines formes dont les spores nom-

(¹) En hommage à M. le Dr Bruno Bloch, privat-docent à l'Université de Bâle, qui a, le premier, isolé ce Champignon et a bien voulu, par l'obligeant intermédiaire de M. le professeur Gougerot, m'en confier l'étude.

breuses, gélifiant tôt leur paroi, sont, à maturité, réunies en glomérules, à l'extrémité des rameaux. C'est, en un mot, au voisinage des *Cephalosporium* et des *Verticillium* que se placerait, dans une classification naturelle, le *Mastigocladium Blochii*.

Cette dernière manière de voir trouve d'ailleurs une justification remarquable dans une formation nouvelle que j'ai pu observer sur des cultures très évoluées du champignon. On observe, en effet, dans ces cultures, des masses compactes, charnues et luisantes, de couleur crème, affectant la forme de bouteilles à col gros, court et fermé. Nées en groupe, sur un stroma commun, ces masses, bien que ne présentant encore que la forme conidienne à leur surface, me paraissent être le début d'une formation de périthèces sur un stroma, et ce début rappelle en tous points ce qu'on observe chez les Hypocréacées : or, précisément, les Verticilliées sont, pour la plupart, des formes conidiennes d'Hypocréacées. L'avenir dira si cette manière de voir est exacte.

En tout cas, il me paraît dès maintenant possible d'affirmer que le *Mastigocladium Blochii* est un Champignon Ascomycète de la famille des Hypocréacées, connu seulement sous une forme conidienne mucédinée et sous une forme de stroma à nombreux pseudopérithèces conidiens.

On connaît déjà, chez les Hypocréacées, des parasites d'Insectes (*Cordyceps*); mais le *Mastigocladium Blochii* est le premier Champignon de cette famille qui soit signalé comme vivant en parasite sur l'Homme; on ne connaît même aucune Hypocréacée qui soit parasite des Vertébrés.

Si, comme il y paraît au premier abord, ce Champignon est sans affinités réelles avec les *Sporotrichum*, la maladie qu'il provoque doit différer assez profonment des sporotrichoses pour constituer un type pathologique nouveau qui pourrait, par exemple, recevoir le nom de *cladiose*. Si, au contraire, une parenté réelle avec les *Sporotrichum* pouvait être établie, il s'ensuivrait que les agents des sporotrichoses se rattachent aux Champignons de la famille des Hypocréacées, et ce serait là une notion biologique nouvelle fort importante.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les phytostérols dextrogyres de l'*Anthemis nobilis (*anthestérols*). Note de M. T. **Klobb**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail précédent [1] j'ai établi que le phytostérol de la camomille romaine (anthestérol) donnait sous l'influence du chlorure de benzoyle trois benzoates différents dont, par saponification, on pouvait extraire un

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XVIII, 1909.

anthestérol α (F. 221°-223°) et un anthestérol β à double point de fusion (F. 160°-164° et 190°-195°). L'anthestérol α ainsi obtenu pouvait, par une nouvelle benzoylation, donner à son tour des proportions variables de α et de β, ce qui établissait l'isomérie des deux anthestérols. Mais, d'autre part, l'action du brome sur l'anthestérol donne un produit bromé à composition variable (1); on pouvait donc se demander si le phytostérol brut ne renfermait pas en même temps un alcool différent. On sait, en effet, que plusieurs phytostérols gauches sont des mélanges en proportion variable d'alcools monovalents se combinant soit à Br^2, soit à Br^4 [Windaus et Hauth (2), Matthes et Rohdich (3), Cohen (4)].

D'autres faits, difficiles à expliquer, que j'avais signalés précédemment pour l'anthestérol, semblaient également indiquer un mélange. Pour résoudre la question, j'ai transformé le phytostérol en acétate, séparé les diverses fractions, puis traité chacune d'elles par du brome pour former des acétates bromés. On devait d'ailleurs arriver ainsi à établir une formule plus exacte; la formule $C^{28}H^{48}O$ primitivement adoptée, et basée uniquement sur l'analyse de l'alcool et de son benzoate, ne pouvait être considérée que comme une première approximation. J'ai déjà insisté d'ailleurs sur ce point (5).

L'anthestérol extrait par l'éther de pétrole s'obtient pur et exempt d'hydrocarbure $C^{30}H^{62}$ si l'on opère dans certaines conditions bien définies (6). Il retient 10,51 pour 100 d'eau qui se dégagent à 100°, fond vers 195°, $\alpha_D = +79°,4$ à l'état anhydre (chloroforme). Par traitement avec 3 parties d'anhydride acétique, il donne un produit blanc ($\alpha_D = +83°$). Cet acétate brut étant repris successivement par de l'alcool et de l'acétone fournit finalement trois fractions :

A. Lamelles hexagonales (F. 245°-248°; $\alpha_D = +91°,2$).
B. Lamelles hexagonales (F. 225°-230°; $\alpha_D = +73°,9$).
C. Cristaux confus (F. 185°-195°).

---

(1) Klobb, *Bull. Soc. chim.*, t. XXVII, 1902.
(2) *Berichte*, t. XXXIX, 1906.
(3) *Berichte*, t. XLI, 1908.
(4) *Chemische Weekblad*, 1909.
(5) Les alcools cholestériques d'origine végétale ou phytostérols (*Bull. des Sciences pharmacologiques*, 1910, p. 274).
(6) *Bull. Soc. chim.*, 1910, p. 949. Après l'extraction à l'éther de pétrole, on peut encore retirer de la camomille une nouvelle portion de phytostérol, qui, ainsi que je le montrerai prochainement, est différent.

Par saponification la fraction A donne l'anthestérol α (F. vers 220°; $\alpha_D = +89°$ (chloroforme)]; la fraction B l'anthesthérol β; enfin le produit C donne des aiguilles possédant également un point de fusion double (158°-160° et 185°-190°).

Fraction A. — Traitée par du brome elle fournit deux dérivés ayant la même composition et un point de fusion voisin de 180°, mais ayant des pouvoirs rotatoires différents (on les sépare par $C^6H^6 + CH^4O$), soit $\alpha_D = +133°$ pour le produit le moins soluble et $\alpha_D = +58°,8$ pour le produit le plus soluble ([1]). Le dosage de C et H a donné (moyenne de 5 analyses) C = 70,52; H = 9,46; pour Br on a trouvé 14,09 pour 100. En combinant ces analyses avec celles de l'acétate on arrive pour l'acétate bromé A à la formule $C^{31}H^{50}BrO(C^2H^3O)$ qui exige C = 70,59; H = 9,44; Br = 14,26; et pour l'alcool lui-même à la formule

$$C^{31}H^{52}O,$$

cet alcool donnant ainsi avec le brome un dérivé *monobromé de substitution.*

Fraction B. — Donne avec le brome un acétate bromé qui ne cristallise pas, comme la précédente, dans le mélange $C^6H^6 + CH^4O$. On le purifie par l'éther (F. 170°-175°).

L'analyse a donné (moyenne) C = 61,79; H = 8,35; Br = 24,77; d'où pour l'acétate bromé

$$C^{31}H^{51}OBr^2(C^2H^3O),$$

l'alcool $C^{31}H^{52}O$ donnant ici un dérivé *bibromé d'addition.*

Fraction C. — Elle fournit un acétate bromé cristallin, qui, par dissolution dans $C^6H^6 + CH^4O$, se sépare encore en deux portions de composition différente. La première n'est autre que l'acétate bromé A; la seconde possède la même composition qu'un mélange d'environ 55 pour 100 de A et 45 pour 100 de B (trouvé, moyenne : C = 66,0; H = 8,7; Br = 21,7).

En résumé l'anthestérol paraît être une substance unique répondant à la formule $C^{31}H^{52}O + 3H^2O$ (calculé, H^2O, 10,58 pour 100; trouvé 10,51). C'est donc un homologue supérieur de l'*amyrol* ou amyrine $C^{30}H^{50}O$ et de la *paltreubine* $C^{30}H^{50}O$ de MM. Jungfleisch et Leroux ([2]). De même que la paltreubine optiquement inactive, l'anthestérol brut, qui donne au microscope l'impression d'une substance homogène, se scinderait sous l'influence de l'anhydride acétique en alcools isomères qui sont ici au nombre de trois, tous dextrogyres. Les deux premiers donnent un dérivé monobromé de substitution, se comportant en cela comme l'amyrol; mais

---

([1]) Pouvoirs rotatoires dans la benzine pour les dérivés bromés.

([2]) *Bull. Soc. chim.*, 1907.

le troisième alcool aurait une constitution analogue à celle des phytostérols gauches, puisqu'il peut donner comme ceux-ci un dérivé bibromé d'addition.

Au surplus les faits qui viennent d'être énoncés prouvent surabondamment que le lupéol et l'anthestérol sont des substances bien différentes, contrairement à ce qu'avait cru établir précédemment M. Cohen [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du ferment bulgare sur les acides monobasiques dérivés des sucres réducteurs.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. Veillon**, présentée par M. E. Roux.

Parmi les microbes qui transforment les sucres en acide lactique, celui qui provient du Yoghourt, ou lait caillé de Bulgarie, est peut-être le plus typique : il agit avec une grande rapidité, résiste plus qu'aucun autre à l'acidité produite et donne presque les rendements prévus par la théorie [2]. Il semble donc tout désigné pour une étude approfondie de la fermentation lactique. Des expériences antérieures ont déjà montré que le ferment bulgare limite son action à certaines espèces sucrées : il ne transforme, en dehors du lactose qui se rencontre dans son milieu naturel, que le glucose, le galactose, le mannose et le lévulose [3].

Dans cette transformation, le lactose est d'abord hydrolysé en glucose et galactose par une diastase contenue dans l'intérieur des cellules microbiennes, l'endolactase, de sorte qu'en définitive la réaction essentielle de la fermentation lactique se ramène toujours à la scission de 1^{mol} d'un hexose en 2^{mol} d'acide lactique

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^3H^6O^3.$$

Il était tout naturel de chercher si le ferment bulgare, mis en contact, non plus avec ces hexoses, mais avec les acides monobasiques qui leur correspondent, pourrait encore produire de l'acide lactique.

Nous avons essayé les trois acides gluconique, galactonique et mannonique, à l'état de sel de calcium.

(1) *Archiv. der Pharmazie*, t. CCXLVI, 1908, p. 520.

(2) Gab. Bertrand et G. Weisweiller, *Ann. Inst. Pasteur*, t. XX, 1906, p. 977.

(3) Gab. Bertrand et F. Duchacek, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1338, et *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXIII, 1909, p. 402.

Le milieu de culture, l'origine du microbe et le mode opératoire ont été les mêmes que dans les expériences sur les sucres [1], c'est-à-dire que l'on a opéré avec une décoction de touraillons additionnée de peptone et de 1 à 5 pour 100 de l'une des substances essayées, en présence d'un poids connu de carbonate de calcium. Après stérilisation à + 120°, les tubes ont été ensemencés avec une culture très active et maintenus à des températures comprises, suivant les expériences, entre +30° et +35°. On a toujours préparé, en même temps, des tubes témoins sans addition de sel organique de calcium. Ces tubes témoins ont permis de tenir compte de la petite quantité de matières fermentescibles que contient la décoction de touraillons peptonée.

Pour mettre fin aux expériences et en apprécier les résultats, les tubes de cultures ont été chauffés pendant quelques minutes au bain-marie bouillant, puis on a recueilli sur un filtre et dosé, par la méthode volumétrique indirecte, le carbonate de calcium indissous. La quantité d'acide lactique, quand il s'en était produit, pouvait alors se calculer d'après le poids de carbonate de calcium disparu au cours de la fermentation.

Nous avons trouvé, dans plusieurs séries d'expériences variées, que le poids de carbonate de calcium était exactement le même dans les tubes additionnés de gluconate, de galactonate ou de mannonate que dans les tubes témoins, ne renfermant pas ces composés. Le ferment bulgare ne produit donc pas d'acide lactique aux dépens des acides monobasiques qui dérivent des glucoses.

Nous avons essayé ensuite, en opérant de la même manière, le maltobionate et le lactobionate de calcium. Nous n'attendions pas, à la vérité, de résultat positif avec le premier de ces corps, puisqu'il provient d'un sucre, le maltose, vis-à-vis duquel le ferment bulgare est inactif, mais nous pensions que le lactobionate serait attaqué, qu'après son hydrolyse par l'endolactase en galactose et en gluconate de calcium, il fournirait du moins la quantité d'acide lactique équivalent au galactose libéré. Chose curieuse, pas plus le lactobionate que le maltobionate n'ont subi la plus petite transformation en acide lactique.

Nous avons alors eu l'idée de rechercher ce qui arriverait en cultivant le bacille bulgare dans un milieu contenant du glucose ou du lactose mélangé à l'un des sels de calcium énumérés plus haut. Voici ce que nous avons trouvé :

1° Dans les mélanges de *glucose* avec le gluconate, le galactonate, le mannonate ou le lactobionate de calcium, il y a eu formation d'acide lactique, mais seulement en proportion correspondant au poids de glucose

---

(1) Gab. Bertrand et F. Duchacek, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1338 et *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXIII, 1909, p. 402.

présent. Ceci montre que les sels organiques ajoutés n'ont pas d'action toxique sur le microbe et confirme les résultats rapportés plus haut touchant leur infermentescibilité.

2° Dans les mélanges de *lactose* avec les mêmes sels, il s'est aussi formé de l'acide lactique, mais tandis que la quantité de cet acide correspondait seulement au poids de sucre lorsqu'il y avait du gluconate, du galactonate ou du mannonate de calcium, elle était beaucoup plus grande en présence de lactobionate. Autrement dit, dans le mélange de lactose et de lactobionate de calcium, il y avait eu entraînement du second corps par la fermentation lactique du premier. La proportion d'acide lactique produite aux dépens du lactobionate a varié, au cours de plusieurs séries d'expériences entreprises dans des conditions un peu différentes, de 23,6 à 71,0 pour 100 du poids de galactose virtuellement contenu dans le sel organique.

Comment peut-on interpréter ces résultats? A moins de faire intervenir l'imperméabilité de la membrane microbienne aux acides examinés, on doit penser que la substitution, dans les sucres réducteurs, du groupement — COOH au groupement — COH, suffit à rendre tout le reste de la molécule réfractaire à la fermentation lactique. Il est intéressant d'observer que cette substitution n'est pas inhibitrice de toutes fermentations : la bactérie du sorbose, en effet, oxyde l'acide gluconique aussi bien que le glucose (¹).

En ce qui concerne la transformation de l'acide lactobionique en présence du lactose, on peut l'expliquer en admettant que le ferment bulgare ne produit pas toujours de l'endolactase, mais seulement lorsqu'il se développe dans un milieu renfermant du sucre de lait. L'acide lactobionique, alors hydrolysé, donne une molécule d'acide gluconique infermentescible et une molécule de galactose transformable en acide lactique.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Mensurations comparées d'individus des deux sexes, appartenant à la population des asiles d'aliénés, et d'hommes et femmes dits* normaux. Note (²) de MM. **A. Marie** et **Mac Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les chiffres obtenus par ces mensurations ont été envisagés comme moyens, non seulement s'ils correspondaient aux chiffres indiqués comme

(¹) Gab. Bertrand, *Ann. Chim. et Phys.*, 8ᵉ série, t. III, 1904, p. 181-288.

(²) Présentée dans la séance du 30 janvier 1911.

moyens dans les Tableaux précédents, mais s'ils les dépassaient ou leur étaient inférieurs dans les proportions suivantes :

0m,02 pour la taille (la moyenne pour le Français étant 1m,6545 et pour la Française 1m,5820) ; 0m,02 pour l'envergure ; 0m,01 pour le buste ; 0m,005 pour la coudée ; 0m,003 pour le pied gauche ; 0m,002 pour la longueur de tête (diamètre antéro-postérieur maximum) ; 0m,0015 pour la largeur de tête (diamètre transverse maximum) ; 0m,0014 pour le médius ; 0m,0011 pour l'auriculaire ; 0m,0100 pour les membres inférieurs.

Résultats. — Le Tableau qui suit exprime le résultat de ces recherches :

		Moyenne quantitative			
		sur 100 soldats du 104e régiment d'infanterie et sur 100 aliénés, épileptiques, etc. de l'asile de Villejuif. (Service du Dr A. Marie.)		sur 100 femmes françaises, dites *normales*, et sur 100 aliénées, épileptiques, etc. de l'asile de Maison-Blanche. (Service des Drs Bonnet et Trénel.)	
Taille	Petite...	40	49	35	62
	Moyenne.	17	20	32	22
	Grande..	43	31	33	16
Envergure	Petite...	12	17	38	25
	Moyenne.	20	33 (sur 97)	17	51 (sur 99)
	Grande..	68	47	27	23
Buste	Petit....	43	67	35	63
	Moyen...	33	23 (sur 98)	34	22
	Grand...	24	8	31	15
Membres inférieurs.	Petits...	21	16	21	16
	Moyens..	43	11	39	29
	Grands..	36	71	40	65
Coudée gauche	Petite...	25	30	47	23
	Moyenne.	24	28 (sur 99)	32	29
	Grande..	51	41	21	48
Médius gauche	Petit....	23	30	40	16
	Moyen...	26	27	29	32 (sur 99)
	Grand...	51	43	31	51
Auriculaire gauche.	Petit....	22	34	30	17
	Moyen...	29	21 (sur 96)	34	11 (sur 96)
	Grand...	49	41	36	58
Pied gauche	Petit....	18	55	59	18
	Moyen...	31	20 (sur 99)	23	28
	Grand...	51	24	23	54

		Moyenne quantitative			
		sur 100 soldats du 104e régiment d'infanterie et sur 100 aliénés, épileptiques, etc. de l'asile de Villejuif. (Service du Dr A. Marie.)		sur 100 femmes françaises, dites *normales*, et sur 100 aliénées, épileptiques, etc. de l'asile de Maison-Blanche. (Service des Drs Bonnet et Trénel.)	
Longueur de tête..	Petite...	43	32	30	41
	Moyenne.	26	29	34	30
	Grande..	31	39	36	29
Largeur de tête...	Petite...	40	32	21	43
	Moyenne.	26	25	42	20
	Grande..	34	43	37	37
Oreille droite.....	Petite...	49	29	36	21
	Moyenne.	7	7	13	18
	Grande..	44	64	51	61

Conclusions. — Les malades du milieu des asiles sont remarquables au point de vue morphologique par les caractères suivants :

La taille est en majorité petite. Ainsi qu'un de nous (Marie) l'avait déjà fait observer, « la débilité corporelle s'établit donc en parallèle de la débilité mentale ».

Le buste est en majorité petit, *dans des proportions considérables :* 67 pour 100 chez les malades de l'asile de Villejuif, 63 pour 100 chez les femmes de l'asile de Maison-Blanche.

Il est inutile d'insister sur l'importance de cette donnée, le tronc renfermant les organes de la nutrition, etc. L'atrophie du contenant implique celle du contenu; comme chez tous les infantiles par arriération physique, les dégénérés cérébraux compensent incomplètement l'insuffisance de stature par l'allongement des membres inférieurs; rien d'étonnant, par conséquent, à ce que dans les milieux d'aliénés les membres inférieurs soient grands dans l'immense majorité des cas : 71 sur 98 chez les hommes, 65 pour 100 chez les femmes.

On observe un balancement analogue dans certains cas de dégénérescences acquises (exemple : Eunichisme).

Le développement des *membres supérieurs* est également intéressant à étudier dans le milieu des asiles. C'est ainsi que chez l'homme normal le médius, l'auriculaire et la coudée sont grands dans la majorité des cas. Dans les asiles au contraire, chez les hommes, ces segments de membres sont beaucoup moins développés d'une façon générale (ce qui n'exclut pas quelques grandes envergures exceptionnelles).

Une loi inverse paraît diriger le développement des mêmes segments de

membres chez la femme. Chez la femme normale, le médius et la coudée sont en majorité petits. Dans le milieu des asiles au contraire, ces segments sont en majorité grands.

Il importerait de déterminer, avant d'interpréter ces données, l'ordre de l'évolution ontogénique des divers segments du squelette comparée selon les sexes : chez la femme moyenne l'arc scapulo-huméral reste en arrière de l'arc ilio-fémoral, à l'inverse du sexe mâle ; il y a probablement un corollaire correspondant du côté des membres afférents à ces arcs.

Les chiffres concernant le développement du pied sont aussi d'un très grand intérêt :

Sur 100 soldats, le pied est grand 51 fois et petit 18 fois.

Sur 100 aliénés le pied est petit 55 fois et grand 24 fois. Même observation pour les femmes.

Sur 100 femmes normales, le pied est petit 52 fois et grand 23 fois.

Sur 100 aliénées le pied est grand 54 fois et petit 18 fois.

Quant aux mensurations concernant la *tête*, elles indiquent une majorité de petites longueurs de tête chez les soldats, de grandes longueurs chez les aliénés.

De même les grandes longueurs de tête constituent la majorité chez la femme normale, alors qu'une proportion inverse s'observe chez les aliénées.

D'autre part les petites largeurs de tête ont été observées en majorité chez les soldats, alors que les grandes largeurs de tête ont été rencontrées en majorité chez les aliénés.

Chez les femmes normales, la largeur de tête était en majorité moyenne; chez les aliénées en majorité petite.

Toutefois les chiffres concernant les mensurations de la tête sont moins probants, ils indiquent des variations moindres que ceux qui ont trait au buste et aux membres.

Les mensurations du crâne reflètent l'évolution génétique de son contenu d'une façon plus relative que le tronc, étant donné que le développement encéphalique peut être en déficit prédominant dans telle ou telle sphère intellectuelle motrice, sensitive interne ou externe. Les centres associatifs correspondants diffèrent de siège selon les constatations de Flechisg (centre antérieur moyen et postérieur occipito-temporal, pariétal ou frontal). D'autre part, le crâne normalement développé ne régresse plus suivant les altérations ultérieures de son contenu.

Des mensurations d'encéphales comparées à celles des crânes seraient

donc nécessaires comme corollaire de nos constatations premières en les groupant par espèces cliniques ou ethniques.

Nous trouvons dans le milieu des asiles l'*oreille* grande avec une fréquence remarquable : 64 fois chez les malades hommes de l'asile de Villejuif, 61 fois chez les malades femmes de l'asile de Maison-Blanche.

Les recherches que nous venons d'exposer seront complétées par l'étude de nouvelles séries de 100, mais rien dans nos observations actuelles (nos mensurations totales dépassent aujourd'hui le chiffre de 600) ne nous permet de croire que les résultats que nous venons d'exposer puissent être infirmés.

Ces études permettent de ranger la population des asiles d'aliénés dans la grande catégorie décrite par Sigaud, de Lyon, dans son enseignement sous le nom de *types irréguliers* au point de vue morphologique.

MÉDECINE. — *Sur le traitement de l'épilepsie d'origine gastro-intestinale.* Note de M. **E. Deschamps**. (Extrait par M. Ch. Bouchard.)

A l'occasion d'une Note de M. Doumer (*Comptes rendus*, 12 décembre 1910) où se trouve préconisée la voltaïsation ou galvanisation abdominale dans les cas d'épilepsie due à un mauvais fonctionnement de l'intestin, M. E. Deschamps fait remarquer qu'il a écrit (*Soc. de Thérapeutique de Paris*, 9 novembre 1910) :

« Chez de tels malades (épileptiques avec troubles intestinaux), et ils sont la majorité, il n'est pas surprenant que le régime seul reste sans effet.... C'est dans de telles conditions que le traitement électrique de l'abdomen par la galvanisation et la faradisation, que nous avons déjà préconisé, donne des résultats vraiment merveilleux.... Les crises convulsives diminuent de nombre et d'intensité. »

M. Deschamps ajoute que, à deux cas de guérison complète rapportés dans son Mémoire, il convient d'en ajouter sept autres qu'il a publiés en 1909 dans la *Bretagne médicale*, le plus ancien remontant au 16 août 1898.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur les causes des variations de la faunule entomologique aérienne.* Note de M. **A. Bonnet**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Il est de remarque courante que certaines conditions atmosphériques favorisent le vol des insectes, et particulièrement la sortie des petites

espèces qui voltigent à un ou deux mètres de terre. Une observation attentive montre que cette faunule aérienne varie considérablement aux diverses heures de la journée, et qu'elle se trouve en relation avec les changements de température et d'humidité de l'air.

J'ai cherché à déterminer quelles étaient ces conditions en récoltant tous les insectes qui voltigeaient dans un cube d'air déterminé, et j'appelle *densité entomologique aérienne* le rapport des nombres d'insectes recueillis au nombre de mètres cubes d'air considéré. Pour cela, je dispose à l'avant d'une voiture automobile un grand filet en mousseline très fine de 1^{m^2} d'ouverture et à poche profonde; le centre du filet est situé à environ 2^m de terre ([1]), au-dessus de la planche avant de la voiture. Dans cette position les causes d'erreur provenant des remous d'air sont éliminées, car ceux-ci ne se font sentir qu'en arrière du siège du conducteur.

Une vitesse de 30^{km} à l'heure est suffisante pour que les insectes qui se trouvent sur le passage du filet soient projetés contre le fond de la poche d'où ils ne peuvent s'échapper, étant maintenus par la violence du courant d'air. Le filet est fixé sur son cadre par un dispositif spécial qui permet de l'enlever très rapidement à la fin de l'expérience, et facilite la récolte dans toute son intégrité.

Le choix de la route sur laquelle se fait la capture des insectes nécessite des conditions d'homogénéité biologique particulières.

Pour obtenir une moyenne de densité entomologique non entachée d'erreur, il est nécessaire de parcourir une longueur de route de 1^{km} ou 2^{km}, correspondant à 1000^{m^3} ou 2000^{m^3} d'air filtré. En outre, il faut que le tronçon de route exploré soit éloigné de toute habitation, ferme, tas de fumiers, où sont localisées, comme me l'ont démontré de nombreuses expériences, certaines espèces particulières, parasites ou commensales : *Musca domestica*, *Sarcophaga*, *Tabanus*, etc. De même le voisinage immédiat d'une mare ou d'un étang de quelque importance amène la présence de nombreux *Culex*, *Chironomus* et autres insectes à phase larvaire aquatique.

Ces conditions une fois réalisées, j'ai noté pour chaque coup de filet : le jour et l'heure, la nature des pays (sous-bois, prairies, cultures, etc.), l'altitude, la pression barométrique, la température, le degré hygrométrique, la force et la direction du vent, ainsi que l'état du ciel et le temps probable.

([1]) Au ras de terre, la faune entomologique est très spéciale par suite de la présence des excréments des animaux; d'autre part, au-dessus d'un certain niveau, le nombre des insectes diminue considérablement, et à une vingtaine de mètres de terre on n'en rencontre presque plus.

De nuit, les observations se font de même, mais il est nécessaire d'avoir repéré la route pour pouvoir marcher sans lanternes, de crainte que la lumière n'attire certains insectes.

Le nombre des individus récoltés, abstraction faite de quelques expériences où j'ai traversé accidentellement des nuages de Chironomes, varie de 0 à 150 insectes pour 1000^{m^3}. La densité entomologique moyenne oscille autour de 70 au milieu du jour, tombe à 40 vers les 5^h du soir, et n'est plus que de 1 ou 2 du commencement de la nuit au lever du soleil; elle commence alors à s'élever progressivement dès que la rosée est évaporée.

Les Orthoptères, Hémiptères, Névroptères et Lépidoptères sont extrêmement rares, exceptionnellement on capture quelques Aphides ou Saldides; de même de grosses formes de Diptères, de Coléoptères et d'Hyménoptères sont très rares.

Les insectes, qui constituent à peu près à eux seuls toute cette famille aérienne, se répartissent principalement dans les familles suivantes :

Diptères : Muscides, Empides, Simulides, Mycétophylides, Chironomides, Culicides, Tipulides.

Coléoptères : Staphylinides, Trichoptérygides, Altisides.

Hyménoptères : Apides, Tenthrédides, Cynipides, Proctotrupides, Platygastérides.

Les Diptères sont de beaucoup les insectes dominants, ensuite viennent les Coléoptères, puis les Hyménoptères.

Sur une vingtaine d'expériences prises au hasard à différentes heures du jour, le rapport de fréquence de ces trois groupes est à peu près de 10 pour les Diptères, de 3 pour les Coléoptères et de 1 pour les Hyménoptères.

Les Hyménoptères ne volent qu'aux heures les plus chaudes et les plus ensoleillées de la journée; parmi les Coléoptères, les Staphylinides dominent, et ce sont les seuls qui voltigent encore après le coucher du Soleil; les Diptères sont représentés pendant le jour par les Muscides et les Mycétophylides, mais, dès que la nuit arrive et que l'humidité augmente, on voit progressivement disparaître ces formes au vol rapide et à leur place apparaissent les Chironomides, Simulides, Culicides, etc., qui voltigent fort tard dans la nuit.

L'ensemble de ces observations montre qu'avant le jour on ne rencontre presque aucun insecte; ce n'est que longtemps après le lever du Soleil, lorsque la chaleur du jour a dissipé l'humidité de la nuit (c'est-à-dire suivant la saison entre 7^h et 9^h du matin), que les insectes commencent à se montrer. Vers 2^h de l'après-midi se place le maximum d'activité de cette petite faune aérienne dont l'importance diminue ensuite progressivement jusqu'à la nuit. Toutefois, le vol de certaines espèces se prolonge long-

temps après le coucher du Soleil et même jusqu'à 9^h ou 10^h du soir dans le milieu de l'été.

Certaines conditions atmosphériques, l'approche d'un orage, la saturation de l'air en vapeur d'eau, favorisent le vol des espèces crépusculaires, car elles trouvent, par ces temps lourds, à peu près les mêmes conditions biologiques que celles qui se produisent au coucher du Soleil. Pendant la pluie les insectes disparaissent totalement de l'atmosphère et ne recommencent à voltiger que lorsque le temps s'est remis au beau.

Cette étude des conditions favorables au vol des insectes permet de préciser toute une série de données biologiques intéressantes. J'ai déjà recueilli un certain nombre d'observations sur les conditions et les causes de la sortie et du vol de cette petite faunule entomologique. Je les publierai en détail, ainsi que les déterminations des espèces (¹) lorsque le nombre en sera suffisant.

GÉOLOGIE. — *Les couches à* Strombus bubonius (*Lmk.*) *dans la Méditerranée occidentale.* Note de M. **M. Gignoux**.

J'ai déjà, dans deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, 28 décembre 1909 et 29 mars 1910), précisé la classification des formations marines pliocènes supérieures et quaternaires dans la région tyrrhénienne. Je m'occuperai, aujourd'hui, seulement du plus récent des niveaux marins que j'ai été amené à distinguer.

L'attention des géologues français a été récemment attirée sur l'individualité de ces couches à *Strombus bubonius* par les beaux travaux de M. Depéret sur les environs de Nice et du général de Lamothe sur la région de Monastir. Cette individualité s'est trouvée encore confirmée par mes propres observations en Italie, ainsi que par l'interprétation des observations antérieures dues aux géologues italiens.

I. *Au point de vue paléontologique* ces couches sont caractérisées par l'apparition, au milieu d'une faune identique à la faune méditerranéenne actuelle, de formes de l'Atlantique sud, vivant aujourd'hui sur les côtes ouest de l'Afrique ou aux Canaries, et, pour la plupart, n'ayant point de racines dans les faunes méditerranéennes plus anciennes : il s'agit donc bien là d'une *invasion d'origine atlantique* et non d'une évolution sur place de

(¹) Je dois à M. Grilat, entomologiste lyonnais, la détermination d'un grand nombre des espèces recueillies.

types autochtones. Voici les principales de ces espèces émigrées, rangées par ordre d'importance pratique :

1. *Strombus bubonius* (Lmk.) = *S. mediterraneus* (Duclos) = *S. sferracavallensis* (de Greg.) = *S. coronatus* (p. p. auct.). — 2. *Conus testudinarius* (Martini) = *C. guinaïcus* (p. p. auct.) = *C. Mercati* (p. p. auct.). — 3. *Tritonidea viverrata* (Kiener) = *Cantharus variegatus* (Gray) = *Purpura rosea* (auct.). — 4. *Tritonium ficoides* (Reeve). — 5. *Natica porcellana* (d'Orb.) = *N. orientalis* (p. p. auct.). — 6. *Trigonia anatina* (Gmel.). — 7. *Cardita senegalensis* (Reeve). — 8. *Mactra Largillierti* (Philippi). — 9. *Pecten maximus* (L.). — 10. *Mitra cingulosa* (von Martens, Portugal).

Une seule de ces espèces suffirait pour caractériser le niveau paléontologique que nous étudions. Mais, en pratique, la plupart des gisements, s'ils ont été suffisamment explorés, montrent l'association de plusieurs de ces espèces caractéristiques, et *c'est de là que la faune à* Strombus *tire son caractère d'unité*. Malgré tout, ces formes sont parfois assez rares : aussi il est indéniable que beaucoup de gisements quaternaires connus, où aucune d'elles n'a encore été trouvée, sont néanmoins contemporains de la faune à *Strombus*. Toutefois, et pour arriver à des conclusions positives tout à fait certaines, je ne tiendrai compte que de ceux où l'une au moins de ces espèces a été rencontrée. De tels gisements sont les suivants [1] :

En France, environs de Nice et de Monaco (1, 2, 3, 5 ?) (Depéret, Cariot, Boule).

En Italie, panchinas de Livourne (1, 2) (de Stefani, musée de Pise), de Corneto, près de Civita-Vecchia (2) (Université de Rome) et de Gallipoli (1) (musée du R. Ufficio geologico à Rome, calcaire sableux de Tarente (1, 2, 3, 4, 5, 9), sables de graviers de Bavagnese et de Boveto, près Reggio (1, 2, 3, 4, 5, 9, 10). En Sicile, panchina de Sferracavallo, près Palerme (1, 3).

En Afrique, Monastir (1, 2, 3, 5, 6, 7, 9) (de Lamothe, Flick et Pervinquière), Sfax et Cap Bon (1, 7, 8) (de Lamothe, Bédé, matériaux obligeamment communiqués par M. Allemand-Martin), nombreux gisements algériens (1, 2, 6 ?) (de Lamothe).

En Espagne, S. Juan de Vilasar, près Barcelone (1, 2) (Almera, musée de Barcelone).

Dans les îles, Majorque (1, 2) (Haime, Hermite, Hörnes, matériaux obligeamment communiqués par M. Paul Fallot), Sardaigne (1) (Lamarmora), Corse (1 ?) (Lucerna), Pianosa (1) (Simonelli), Mellisello dans l'Adriatique (1 ?) (Martelli).

---

[1] Les chiffres entre parenthèses, à la suite de chaque nom de gisement, indiquent les espèces caractéristiques qui y ont été rencontrées, désignées chacune par leur numéro d'ordre dans la liste ci-dessus; pour les fossiles que je n'ai pas récoltés moi-même, j'indique en outre la référence (auteur ou collection).

II. Au point de vue stratigraphique ces couches se montrent constamment indépendantes de toutes les formations antérieures, même du Silicien marin (Palerme) et leur individualité (que les géologues italiens n'avaient point fait suffisamment ressortir) est également très nette. Peut-être faut-il voir, dans la transgression marine qui partout a précédé immédiatement le dépôt des couches à *Strombus*, la cause même de l'invasion des formes atlantiques dans la Méditerranée.

III. Quoi qu'il en soit, l'apparition de ces formes émigrées constitue un point de repère précieux dans la chronologie du Quaternaire méditerranéen (¹) : et cela nous permet d'introduire quelque précision dans l'histoire des anciennes lignes de rivage. On peut en effet se proposer de rechercher, pour chaque gisement particulier, l'altitude maximum atteinte par la mer à *Strombus*. On arrive alors aux conclusions suivantes :

1° Un gisement doit être mis à part : c'est celui de Ravagnese (et Boveto), près Reggio. Il s'agit ici d'une ancienne plage où l'on peut retrouver avec grande netteté les diverses zones bathymétriques, depuis des vases sableuses jusqu'à un véritable cordon littoral (contenant des Strombes roulés), levée de galets accumulés par la mer au pied de falaises miocènes : on peut ainsi fixer, avec une grande précision, le chiffre de 100ᵐ comme altitude maximum de la mer à *Strombus*.

2° *Pour tous les autres gisements actuellement connus, l'altitude maximum, atteinte par la mer à* Strombus, *ne paraît pas avoir dépassé* 35ᵐ et, dans le cas où l'on peut évaluer cette altitude avec précision, elle se montre voisine de 35ᵐ.

Conclusions. — Donc, en se bornant à des constatations positives, on peut énoncer les conclusions suivantes, dont la forme diffère suivant qu'on admet des mouvements d'ensemble du niveau marin (*mouvements eustatiques*) ou seulement des mouvements du sol (*mouvements épirogéniques*) :

1° Dans le langage de la théorie eustatique, on peut dire que l'apparition de la faune à *Strombus* dans la Méditerranée est contemporaine d'une ligne de rivage qui partout se retrouve à 35ᵐ d'altitude; sauf dans le centre du détroit de Messine, région éminemment instable, où des mouvements locaux récents ont soulevé l'ancienne plage jusqu'à 100ᵐ.

2° Dans le langage de la théorie inverse (mouvements épirogéniques), nos conclusions prennent la forme suivante : l'apparition de la faune à *Strombus* dans la Méditerranée est un événement suffisamment récent pour

(¹) L'étude des terrasses alluviales semblerait indiquer, provisoirement, que ce niveau est würmien ou postwürmien : ainsi l'arrivée de la faune marine chaude marquerait le commencement du recul des glaciers.

que les soulèvements n'aient encore pu, depuis cette époque, dépasser l'amplitude de 35^m, sauf en un point unique où, contrairement à ce qui se passe sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale, le soulèvement aurait atteint l'amplitude de 100^m.

La première hypothèse a évidemment l'avantage d'être plus synthétique et, partant, de jalonner les recherches futures dans des directions plus précises. Quelle que soit la part de vérité qu'elle renferme, il sera bon de l'avoir constamment présente à l'esprit, mais il est nécessaire de lui adjoindre la notion de mouvements locaux.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les relations des courants telluriques avec les perturbations magnétiques.* Note de M. J. **Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

On a depuis longtemps remarqué que les orages magnétiques étaient généralement accompagnés de courants telluriques plus ou moins intenses, et la question s'est aussitôt posée de savoir si ceux-ci étaient la cause de l'effet des perturbations.

Nous voudrions montrer ici le parti qu'on peut tirer dans cet ordre d'idées des observations faites il y a 15 ans au Parc Saint-Maur et que l'installation dans le voisinage de lignes industrielles a malheureusement interrompues.

Dès 1868, Airy (¹), à l'aide de deux lignes orientées pourtant d'une façon défectueuse, avait attaqué le problème : il était arrivé à cette conclusion, avancée jadis par Lamont, que les variations des courants telluriques précédaient en général un peu celles des composantes magnétiques et offraient la même allure. Les courants seraient alors la cause directe des perturbations. Depuis, d'autres savants, S. Lemström (²), W. Ellis (³), Weinstein (⁴) ont repris la question, sans toutefois la serrer d'aussi près, et ont conclu de même.

Mais, en 1883, des expériences d'ailleurs remarquables furent faites en France par E.-E. Blavier (⁵) et il crut y voir la preuve que les courants telluriques étaient dus à l'induction produite par les variations rapides du champ terrestre. Cette opinion, maintenant peut-être la plus répandue, a bénéficié de toutes les anomalies que les diverses observations ont pu trouver dans l'étude de ces courants, de leurs variations diurnes, etc. Il semble cependant, si l'on se reporte aux Mémoires de Blavier, qu'il

(¹) *Phil. Trans. of the London Roy. Soc.*, t. CLVIII, 1868.
(²) *L'aurore boréale*, Paris, Gauthier-Villars, 1886.
(³) *Proceedings of the London Roy. Soc.*, t. LII, 1892, p. 191.
(⁴) *Himmel und Erde*, année 1902.
(⁵) *Annales télégraphiques*, t. V, 1862; X, 1883, et XI, 1884.

y avait surtout chez lui une idée préconçue, que la pratique électrique lui avait sans doute inspirée, dès 1862.

Depuis ces recherches, l'Observatoire de Greenwich a publié, de 1882 à 1890, lors des orages magnétiques, les courbes des courants telluriques en même temps que celles des composantes magnétiques et, en 1893, le Parc Saint-Maur ([1]), avec des lignes bien orientées (Nord-Sud, Est-Ouest), a suivi cet exemple.

Or il est facile de constater, surtout sur les courbes de Saint-Maur, que les variations du courant E-O suivent très souvent avec une régularité frappante celles de la force horizontale et les variations du courant N-S celles de la déclinaison ([2]). Vu la faible déclinaison magnétique actuelle, c'est bien ce qui doit arriver si les courants provoquent les perturbations. D'autre part, s'ils provenaient au contraire de l'induction par le champ terrestre, leur intensité serait représentée par la dérivée de celui-ci : la courbe magnétique étant une ligne brisée à points anguleux, la tellurique consisterait en segments de droites horizontales avec sauts brusques. Même en admettant que les appareils lui substituent une sorte de sinusoïde plus ou moins irrégulière ([3]), les distances des maxima successifs n'y répondraient nullement aux sinuosités de la courbe magnétique. Il ne semble donc guère y avoir place pour l'explication de Blavier, au moins comme cause principale des courants telluriques dans nos latitudes ([4]).

Nous nous sommes proposé de rechercher si, entre les variations simultanées du courant et du champ terrestres, la relation de perpendicularité de la règle d'Ampère se trouvait vérifiée. Nous connaissons mal, à la vérité, la valeur précise du courant tellurique ([5]) ainsi que la région du globe où il est le plus intense : nous connaissons surtout sa direction. On fera donc abstraction des variations de la force verticale, d'ailleurs généralement faibles : si l'angle est droit dans l'espace, il l'est aussi projeté sur l'horizon, puisque ce plan contient un de ses côtés (le courant).

Nous avons choisi à Saint-Maur un certain nombre de mouvements *nets*, *simultanés*, des divers éléments, 18 en tout. Nous avons ensuite construit les

---

([1]) Th. Moureaux, *Annales Bur. central météor. : Mémoires*, 1893 et suiv.

([2]) Voir, entre autres, les courbes (E-O) des 11 janvier 1894 et 2 mai 1896 et (N-S) des 26 septembre 1893 et 13 octobre 1895.

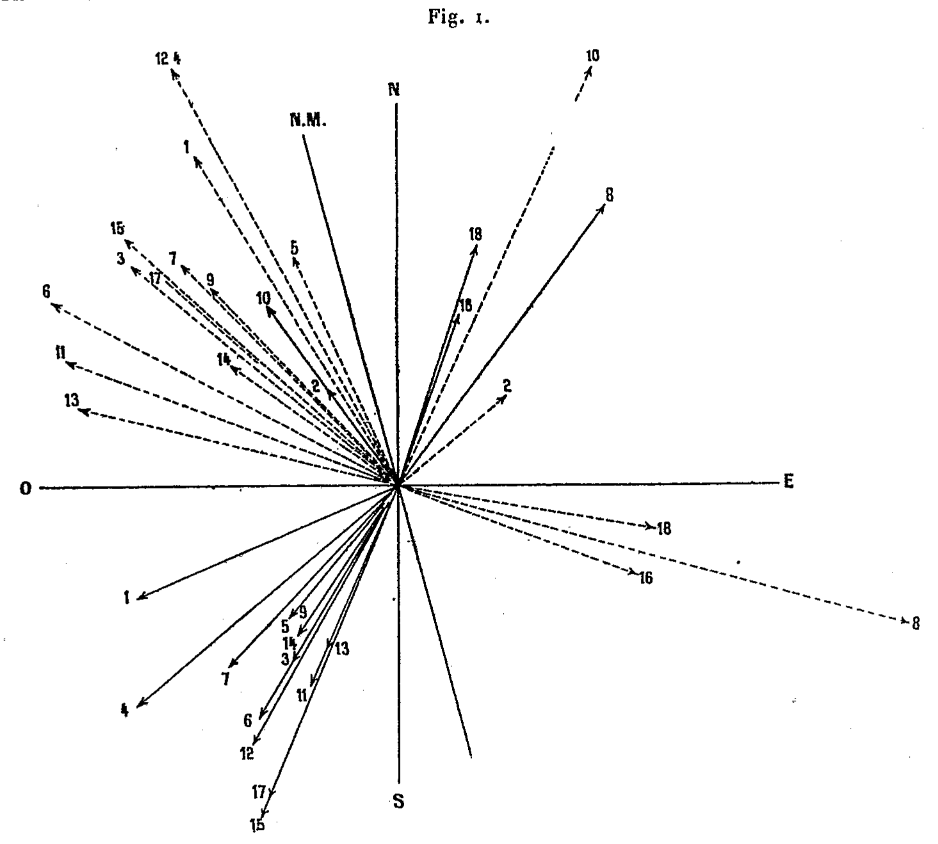
([3]) Ce qui n'est pas, car, à l'échelle des courbes, des mouvements ayant duré 2 minutes y paraissent brusques.

([4]) Bien que nous ne voyons rien qui puisse restreindre la généralité de nos conclusions, nous ne saurions en effet les étendre en toute rigueur à des régions du globe que nous n'avons pas spécialement étudiées.

([5]) M. Schuster a montré (*Brit. Ass. Report*, 1898) que la mesure exacte de cette valeur absolue dépendait de la conductibilité spécifique du sol.

directions des champs perturbateurs projetées et celles des courants (*fig.* 1). Les traits pleins numérotés indiquent les courants; les traits pointillés les champs correspondants observés. On remarquera que l'aiguille s'est constamment dirigée dans le sens exigé par la règle d'Ampère, à gauche du courant. Quand, par aventure, le courant a une direction inusitée, la perturbation le suit.

Fig. 1.

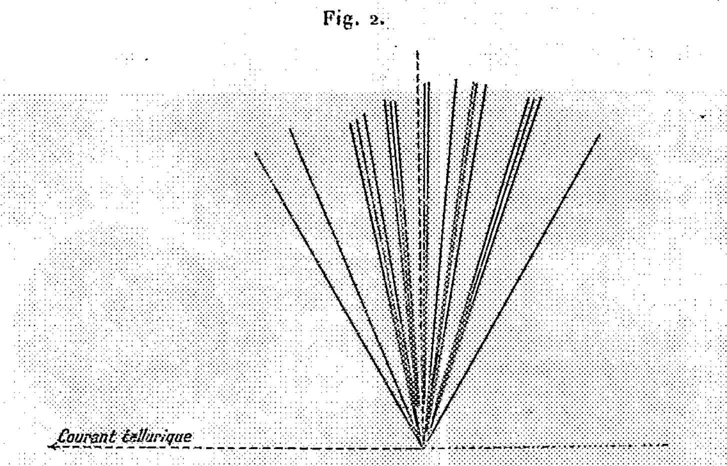


Enfin la tendance des angles à se grouper vers 90° (*fig.* 2) est manifeste (moy. 91°, 5), malgré l'imprécision évidente d'une recherche fondée sur les indications de quatre instruments différents. Le même travail exécuté pour Greenwich, où les conditions d'observation des courants telluriques sont moins favorables, aboutit à la même conclusion.

Nous ne prétendons pas résoudre définitivement un problème complexe, si longtemps étudié par les savants les plus éminents et qui offre d'ailleurs encore bien des obscurités : nous croyons cependant ce qui précède très favorable à l'idée d'une influence directe des courants telluriques. Pour

expliquer les orages magnétiques il faudrait d'abord chercher à rendre compte de ces courants. On entrevoit déjà à la vérité, dans les récents

Fig. 2.



progrès de la Physique solaire, des éléments qui permettraient sans doute d'y parvenir; mais il serait prématuré de vouloir préciser ici davantage.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la lumière zodiacale.* Note de M. BIRKELAND.

Comme on le sait, plusieurs observateurs ont trouvé que la lumière zodiacale présente quelquefois des pulsations très régulières en intensité et en forme.

J'ai trouvé que les périodes de ces pulsations correspondent bien avec les périodes d'ondes régulières magnétiques que j'ai, à trois reprises différentes, observé dans les régions polaires.

Cela m'a donné l'idée que la lumière zodiacale doit avoir une origine électrique et j'ai tâché d'expliquer ce phénomène par des radiations corpusculaires du Soleil. Je me rendrai prochainement avec mon assistant, M. Krogness, à Khartoum, afin d'étudier ces phénomènes de plus près, et en même temps on fera des enregistrements simultanés dans le nord de la Norvège.

J'ai fait mes expériences en prenant comme cathode un globe fortement magnétisé que j'ai mis dans un grand vase de décharge.

Les figures 1 et 3 montrent des phénomènes observés et la figure 2 représente un dessin fait d'après un négatif par M. Morgan pendant l'éclipse de Soleil du 17 mai 1901.

La figure 3 surtout est intéressante, il est facile de produire autour du globe magnétique un anneau de lumière qui prenne tout le vase de décharge.

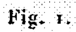


Fig. 1. Fig. 2.

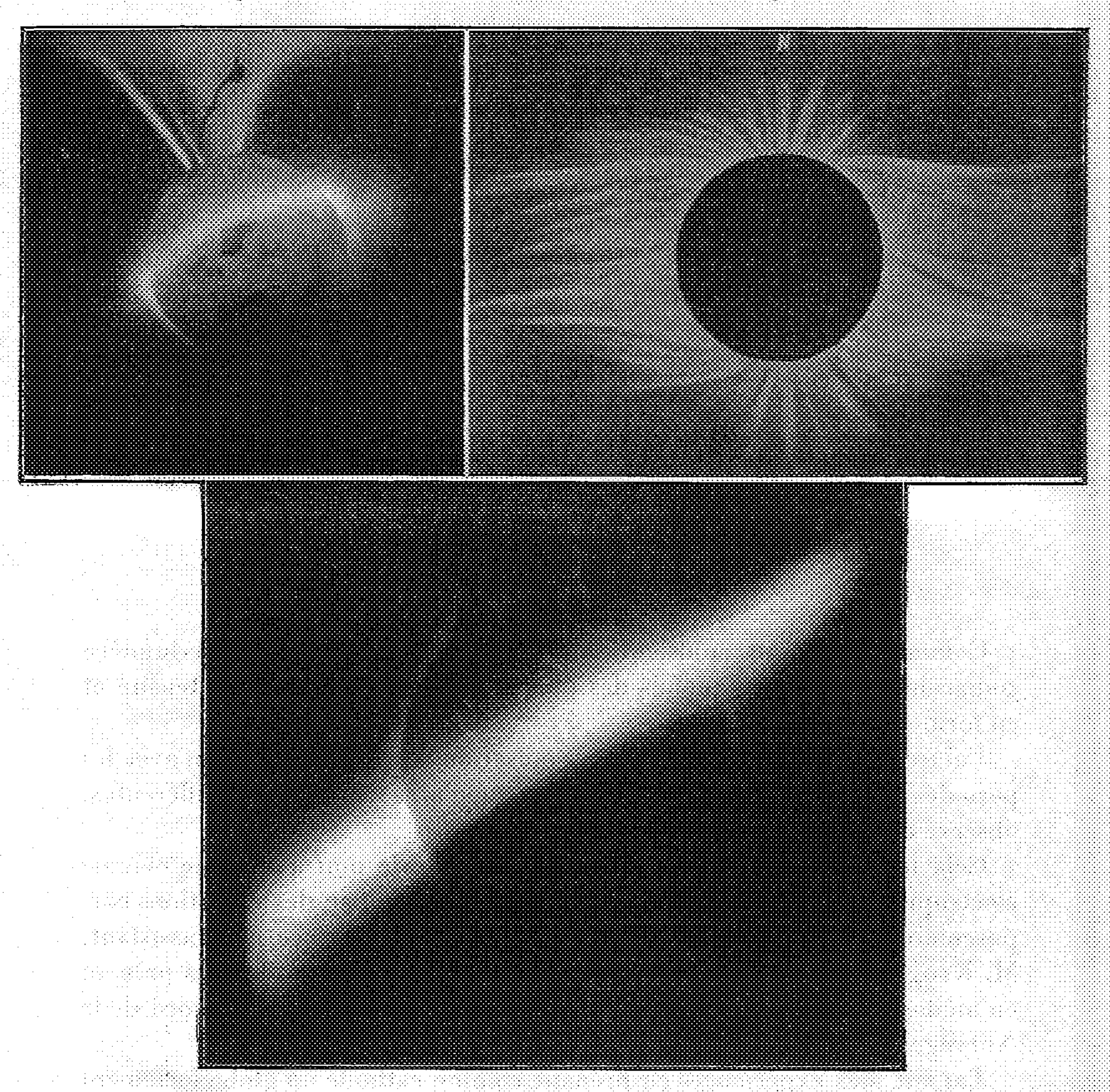


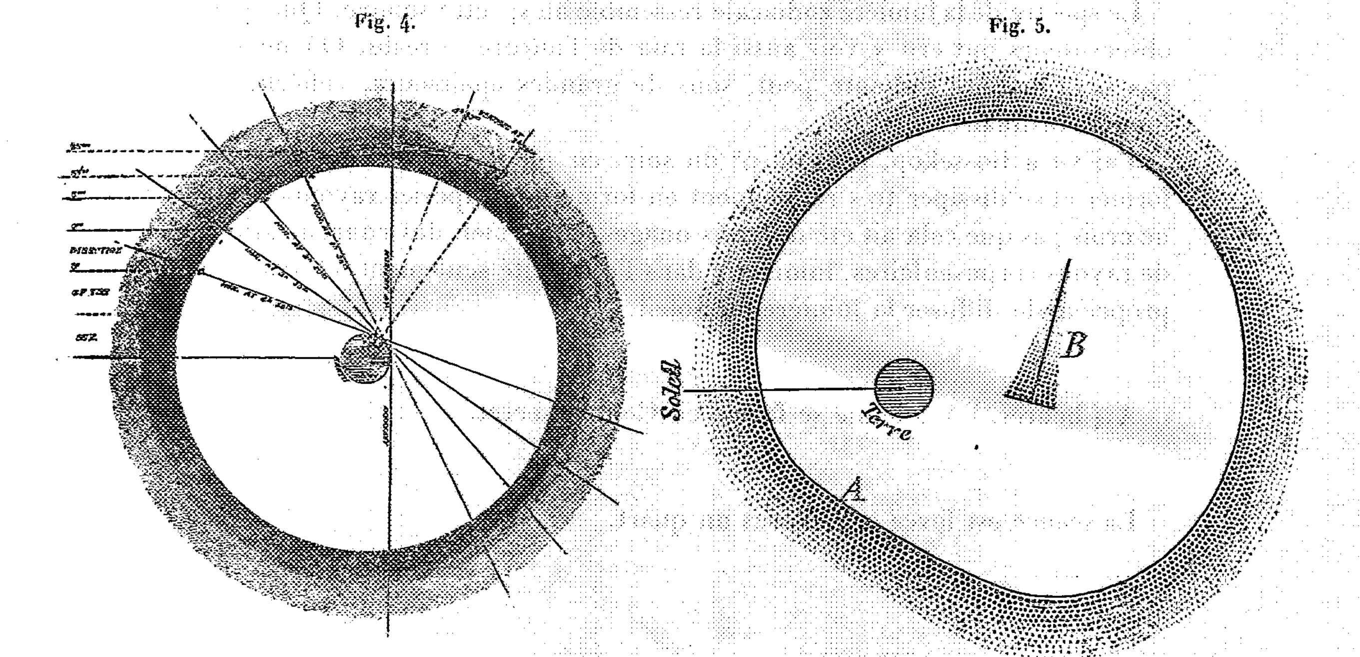
Fig. 3.

J'en suis arrivé à supposer qu'il existe un anneau similaire de matière radiante dans l'équateur *magnétique* du Soleil, que je suppose identique à

l'équateur solaire et je présume que cet anneau existe même en dehors de la trajectoire de la Terre.

La Terre opère donc sa course continuellement plongée dans cet anneau de matière radiante provenant du Soleil comme source primaire. Or la Terre, étant fortement magnétique elle-même, creuse, dans ce mince anneau de matière radiante, une cavité où les rayons corpusculaires ne peuvent pas cheminer.

Fig. 4. Fig. 5.



Une longue série d'expériences faites avec une terrella dans un grand vase de décharge m'ont permis de déterminer par analogie comment les rayons corpusculaires, sous l'influence du magnétisme terrestre, se meuvent autour de la Terre.

On trouvera les résultats de ces expériences dans le deuxième Volume de mon Ouvrage, *The Norwegian Aurora Polaris Expedition*, 1902-1903.

La figure 4 montre comment le célèbre observateur Jones, dans ses recherches classiques sur la lumière zodiacale, a tâché d'expliquer celle-ci, en admettant autour de la Terre un anneau nébuleux placé dans le plan de l'écliptique.

La figure 5 montre schématiquement comment, d'après ma théorie, l'espace environnant la Terre doit être rempli de rayons corpusculaires dans le plan de l'équateur magnétique du Soleil.

On peut expliquer les phénomènes du matin et du soir de la lumière zodiacale d'une façon analogue à la théorie de Jones.

Mais il semble bien que le phénomène connu sous le nom de *Gegenschein* puisse s'expliquer par ma théorie. En effet, aux équinoxes, la ligne B, où les rayons corpusculaires sont fortement concentrés, se trouve dans le plan de l'anneau de matière radiante que nous apercevons aussi dans la direction opposée au Soleil.

Le spectre de la lumière zodiacale ressemble au spectre solaire. Quelques observateurs ont cru y voir aussi la raie de l'aurore boréale. On ne sait pas si la matière radiante peut, sous de grandes épaisseurs, réfléchir la lumière ordinaire.

J'ai vu à Bossekop, à 8^h ou 9^h du soir, en plein soleil, des nuages se former et se dissiper très rapidement en forme de draperies rayonnées. Je ne crois pas que cela ait été de vrais nuages, mais bien des concentrations de rayons corpusculaires, lumineux dans l'obscurité seulement, et ayant la propriété de diffuser la lumière du Soleil.

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 FÉVRIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation des quadriques.*
Note de M. C. **Guichard**.

Dans deux Notes insérées aux *Comptes rendus* [*Sur les congruences dont les surfaces focales sont des quadriques* (1909, 1er semestre) et *Sur les surfaces dont les normales touchent une quadrique* (janvier 1911)], j'ai montré comment, en partant d'une surface de Liouville (surface dont les normales touchent deux quadriques homofocales), on peut obtenir des déformées particulières des quadriques. Je vais étudier ces déformées particulières. Soient M un point qui décrit une surface de Liouville;

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant de la représentation sphérique; a, b, m, n les relations de ce déterminant; C et D les centres de courbure qui appartiennent respectivement aux quadriques

$$\frac{X_1^2}{p_1-\rho_1} = \frac{X_2^2}{p_2-\rho_1} + \frac{X_3^2}{p_3-\rho_1} = 1,$$
$$\frac{X_1^2}{p_1-\rho_2} + \frac{X_2^2}{p_2-\rho_2} + \frac{X_3^2}{p_3-\rho_2} = 1.$$

Si q et r sont les distances de l'origine aux plans principaux, les coordon-

nées du plan tangent à la surface C sont β_1, β_2, β_3, q; et pour la surface D, γ_1, γ_2, γ_3, r. On aura

$$(p_1-\rho_1)\beta_1^2+(p_2-\rho_1)\beta_2^2+(p_3-\rho_1)\beta_3^2-q^2=0,$$
$$(p_1-\rho_2)\gamma_1^2+(p_2-\rho_2)\gamma_2^2+(p_3-\rho_2)\gamma_3^2-r^2=0.$$

Si donc λ est une constante quelconque, on aura

(1)
$$\begin{cases}(\lambda-p_1)\beta_1^2+(\lambda-p_2)\beta_2^2+(\lambda-p_3)\beta_3^2+q^2=\lambda-\rho_1,\\ (\lambda-p_1)\gamma_1^2+(\lambda-p_2)\gamma_2^2+(\lambda-p_3)\gamma_3^2+r^2=\lambda-\rho_2.\end{cases}$$

D'où l'on déduit en différentiant

(2)
$$(\lambda-p_1)\beta_1\gamma_1+(\lambda-p_2)\beta_2\gamma_2+(\lambda-p_3)\beta_3\gamma_3+qr=0.$$

Il résulte de là qu'on peut former un déterminant θ à quatre lignes :

$$D=\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4\\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4\\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4\\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4\end{vmatrix}$$

en prenant

$$\xi_1=\sqrt{\frac{\lambda-p_1}{\lambda-\rho_1}}\beta_1,\quad \xi_2=\sqrt{\frac{\lambda-p_2}{\lambda-\rho_1}}\beta_2,\quad \xi_3=\sqrt{\frac{\lambda-p_3}{\lambda-\rho_1}}\beta_3,\quad \xi_4=\frac{q}{\sqrt{\lambda-\rho_1}},$$
$$\eta_1=\sqrt{\frac{\lambda-p_1}{\lambda-\rho_2}}\gamma_1,\quad \eta_2=\sqrt{\frac{\lambda-p_2}{\lambda-\rho_2}}\gamma_2,\quad \eta_3=\sqrt{\frac{\lambda-p_3}{\lambda-\rho_2}}\gamma_3,\quad \eta_4=\frac{r}{\sqrt{\lambda-\rho_2}}.$$

Les relations (m) et (n) de ce déterminant ont pour valeur $m\sqrt{\frac{\lambda-\rho_1}{\lambda-\rho_2}}$ et $n\sqrt{\frac{\lambda-\rho_2}{\lambda-\rho_1}}$; je désigne les autres par

$$e\sqrt{\lambda-\rho_1},\qquad g\sqrt{\lambda-\rho_1},$$
$$f\sqrt{\lambda-\rho_2},\qquad k\sqrt{\lambda-\rho_2},$$

de sorte qu'on aura

$$\frac{\partial e}{\partial v}=fm,\qquad \frac{\partial g}{\partial v}=km,$$
$$\frac{\partial f}{\partial u}=en,\qquad \frac{\partial k}{\partial u}=gn,$$

(3)
$$ef+gk+\frac{1}{\lambda-\rho_2}\frac{\partial m}{\partial v}+\frac{1}{\lambda-\rho_1}\frac{\partial n}{\partial u}=0.$$

Les deux dernières lignes de D étant connues, on peut déterminer les deux

premières à l'aide de quadratures seulement. On peut remarquer aussi que si l'on donne à λ les valeurs particulières p_1, p_2 ou p_3, le déterminant D est du troisième ordre seulement ; je n'insiste pas sur ce point, car les résultats obtenus reviennent, en somme, à effectuer les transformations homographiques de M. Servant qui conserve les géodésiques d'une quadrique.

Je considère maintenant un autre déterminant D obtenu en donnant une autre valeur μ à la constante λ ; soit D_1 ce déterminant ; je représente les éléments et les rotations de ce déterminant par les mêmes lettres que les termes correspondants de D, en y ajoutant, pour éviter toute confusion, l'indice supérieur 1. On aura en particulier

$$e'f' + g'k' + \frac{1}{\mu - \rho_2}\frac{\partial m}{\partial v} + \frac{1}{\mu - \rho_1}\frac{\partial n}{\partial u} = 0. \tag{4}$$

Je multiplie l'équation (3) par ω, l'équation (4) par ω_1 et j'ajoute, puis je détermine ω, ω_1 de telle sorte que les coefficients de $\frac{\partial m}{\partial v}$ et de $\frac{\partial n}{\partial u}$ se réduisent à l'unité. On obtient

$$\frac{\omega}{\lambda - \rho_2} + \frac{\omega_1}{\mu - \rho_2} = 1, \qquad \frac{\omega}{\lambda - \rho_1} + \frac{\omega_1}{\mu - \rho_1} = 1, \tag{5}$$

d'où

$$\omega = \frac{(\lambda - \rho_1)(\lambda - \rho_2)}{\lambda - \mu}, \qquad \omega_1 = \frac{(\mu - \rho_1)(\mu - \rho_2)}{\mu - \lambda}.$$

On voit alors que

$$\begin{cases} e\sqrt{\omega}, & g\sqrt{\omega}, & e'\sqrt{\omega_1}, & g'\sqrt{\omega_1}, & m, \\ f\sqrt{\omega}, & k\sqrt{\omega}, & f'\sqrt{\omega_1}, & k'\sqrt{\omega_1}, & n \end{cases} \tag{6}$$

sont les rotations d'un déterminant θ dans l'espace à six dimensions. Soit

$$\theta = \begin{vmatrix} x'_1 & x'_2 & \dots & x'_6 \\ y'_1 & y'_2 & \dots & y'_6 \\ z'_1 & z'_2 & \dots & z'_6 \\ f'_1 & f'_2 & \dots & f'_6 \\ \xi'_1 & \xi'_2 & \dots & \xi'_6 \\ \eta'_1 & \eta'_2 & \dots & \eta'_6 \end{vmatrix}$$

ce déterminant. Je vais montrer qu'on a tout de suite quatre colonnes de

ce déterminant. On a en effet

$$(7)\quad \begin{cases} x_1^2+y_1^2+\dfrac{\lambda-p_1}{\lambda-\rho_1}\beta_1^2+\dfrac{\lambda-p_1}{\lambda-\rho_2}\gamma_1^2=1, \\ (x'_1)^2+(y'_1)^2+\dfrac{\mu-p_1}{\mu-\rho_1}\beta_1^2+\dfrac{\mu-p_1}{\mu-\rho_2}\gamma_1^2=1. \end{cases}$$

Je multiplie la première des équations (7) par $\cos^2\theta_1$, la seconde par $\sin^2\theta_1$ et j'ajoute ; au second membre j'obtiens l'unité.

Il en résulte que quel que soit θ_1 les expressions

$$(8)\quad \begin{cases} x'_1=x_1\cos\theta_1, \quad y'_1=y_1\cos\theta_1, \quad z'_1=x'_1\sin\theta_1, \quad f'_1=y'_1\sin\theta_1, \\ \xi'_1=\beta_1\sqrt{\dfrac{\lambda-p_1}{\lambda-\rho_1}\cos^2\theta_1+\dfrac{\mu-p_1}{\mu-\rho_1}\sin^2\theta_1}, \\ \eta'_1=\gamma_1\sqrt{\dfrac{\lambda-p_2}{\lambda-\rho_2}\cos^2\theta_1+\dfrac{\mu-p_2}{\mu-\rho_2}\sin^2\theta_1} \end{cases}$$

forment une colonne d'un déterminant θ à 6 lignes. Il reste à choisir θ_1 de telle sorte que les rotations soient les expressions (6). On trouve qu'on doit avoir

$$\frac{\lambda-p_1}{\omega}\cos^2\theta_1=\frac{\mu-p_1}{\omega_1}\sin^2\theta_1.$$

En prenant cette valeur de θ, on trouve

$$(9)\quad \begin{cases} \xi'_1=\sqrt{P_1}\beta_1, \qquad \eta'_1=\sqrt{P_1}\gamma_1, \\ P_1=\dfrac{(p_1-\lambda)(p_1-\mu)}{(p_1-\lambda)(p_1-\mu)-(p_1-\rho_1)(p_1-\rho_2)}. \end{cases}$$

On forme de même les trois colonnes suivantes en combinant les colonnes correspondantes des déterminants D et D_1. On vérifie facilement que les relations qui doivent exister entre les éléments des colonnes de θ sont satisfaites. Connaissant quatre colonnes du déterminant θ on peut obtenir les deux autres à l'aide de quadratures seulement. De plus, comme les rotations m et n sont les mêmes pour les déterminants Δ et θ et qu'on a

$$\begin{aligned} \xi'_1&=\sqrt{P_1}\beta_1, & \xi'_2&=\sqrt{P_2}\beta_2, & \xi'_3&=\sqrt{P_3}\beta_3, \\ \eta'_1&=\sqrt{P_1}\gamma_1, & \eta'_2&=\sqrt{P_2}\gamma_2, & \eta'_3&=\sqrt{P_3}\gamma_3, \end{aligned}$$

on en conclut (*Déformation des quadriques*, § 14) qu'on peut obtenir à l'aide des quadratures une déformée de la quadrique

$$\frac{X_1^2}{1-P_1}+\frac{X_2^2}{1-P_2}+\frac{X_3^2}{1-P_3}=1,$$

ou bien, en tenant compte des valeurs de P_1, P_2, P_3, de la quadrique

$$A_1X_1^2 + A_2X_2^2 + A_3X_3^2 = 1, \tag{10}$$

où A_1, A_2, A_3 ont les valeurs suivantes :

$$A_i = \frac{(p_i - \lambda)(p_i - \mu) - (p_i - \rho_1)(p_i - \rho_2)}{(p_i - \rho_1)(p_i - \rho_2)}.$$

Il entre, en apparence, deux constantes arbitraires dans les expériences A_i, mais on vérifie facilement que

$$\frac{A_1(p_2 - p_3)}{(p_1 - \rho_1)(p_1 - \rho_2)} + \frac{A_2(p_3 - p_1)}{(p_2 - \rho_1)(p_2 - \rho_2)} + \frac{A_3(p_1 - p_2)}{(p_3 - \rho_1)(p_3 - \rho_2)} = 0.$$

Les quadriques (10) font partie d'un faisceau ponctuel.

En résumé, on a le résultat suivant :

Le déterminant de la représentation sphérique d'une surface de Liouville possède toutes les propriétés du déterminant δ (*Déformation des quadriques*, § 10), *avec cette circonstance particulière que d'un tel déterminant on peut déduire des déformées d'une infinité de quadriques appartenant à un faisceau ponctuel. Les réseaux* C *de ces diverses quadriques se déduisent de l'un d'entre eux par la correspondance homographique qui permet de passer d'une quadrique à l'autre.*

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la structure périodique des rayons magnéto-cathodiques.* Note de M. Gouy.

La production des franges du faisceau magnéto-cathodique [1], lorsque ce faisceau se termine sur une paroi de verre (qui agit comme une cathode secondaire), donnait à penser qu'il en serait de même pour une cathode métallique faible. En effet, si les rayons issus du fil qui forme la cathode principale tombent sur un autre fil, dont le potentiel est inférieur de V à celui de l'anode, on constate que les franges, très pâles pour V = 0, prennent de l'éclat quand V augmente jusqu'à 100 volts environ, puis s'affaiblissent et disparaissent bien avant que les deux cathodes soient au même potentiel.

[1] *Comptes rendus*, 30 janvier 1911.

On voit donc que soit avec le verre, soit avec le métal, on n'a de belles franges que sur le faisceau renforcé par l'action inter-cathodique ([1]).

Une variante de cette expérience consiste à réaliser une teinte plate, en rendant les rayons d'égale longueur, c'est-à-dire les cathodes parallèles. Si l'on fait varier le champ magnétique, on voit l'éclat uniforme du faisceau varier périodiquement (sauf dans l'espace obscur), et l'on peut ainsi compter une dizaine d'alternances entre 500 et 2000 gauss. Cette expérience exige, comme d'ordinaire, l'absence d'oscillations dans l'ampoule ([2]).

Il y avait lieu de rechercher si les rayons magnéto-cathodiques ne possèdent pas quelque caractère périodique, de nature à faire comprendre ces phénomènes. En effet, l'examen au moyen d'un écran phosphorescent a mis aussitôt en évidence une structure périodique de ces rayons.

L'expérience est ainsi disposée : la cathode est un fil rectiligne (2^{mm} de diamètre); le faisceau qu'elle émet tombe sur une lame de cristal ([3]), inclinée de telle sorte qu'elle reçoive des rayons dont les longueurs diffèrent de 2^{cm} ou 3^{cm}. Le faisceau produit sur cet écran une longue bande de lumière bleuâtre, qui, au lieu de montrer un éclat uniforme comme on pouvait le penser, se résout en une série de figures égales et équidistantes, dessinées par des lignes lumineuses sur un fond peu éclairé (voir la figure). Elles se déplacent le long de la bande quand le champ varie, et se resserrent quand il augmente, comme les franges elles-mêmes.

Ces figures ont la forme de V très aigus, à côtés un peu convexes, et sont emboîtées les unes dans les autres, de telle sorte qu'elles présentent toutes leur pointe du côté où les rayons augmentent de longueur, leurs bissectrices étant alignées suivant le milieu de la bande lumineuse.

Les linéaments qui les forment, étudiés à la loupe, n'ont souvent pas plus

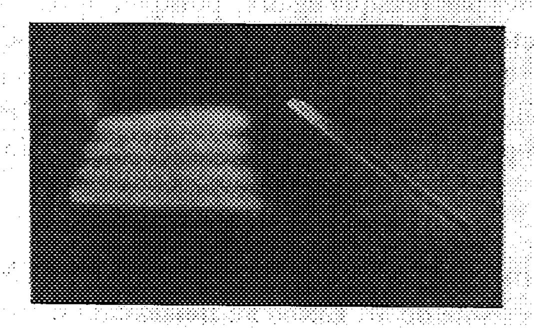
---

([1]) *Comptes rendus*, 20 juin 1910. Sans cette action, les franges sont pâles (cas de l'anode), non par défaut de lumière, mais par manque de contraste entre le maximum et le minimum.

([2]) Voici un autre phénomène périodique, observé pendant ces expériences. Si l'on augmente le vide et le voltage jusqu'à ce qu'on approche du point où il se produit spontanément un état oscillatoire dans l'ampoule, on peut constater que cet état s'établit et cesse périodiquement une dizaine de fois, pendant que le champ varie de 500 à 2000 gauss. Pour un voltage trop faible, l'état oscillatoire ne s'établit pas; pour un voltage trop fort, il ne cesse pas. Ces oscillations sont rendues manifestes par le téléphone et par les changements très visibles qu'elles produisent dans la décharge.

([3]) J'ai obtenu les mêmes effets avec le verre, le quartz, la willemite. Le cristal convient très bien pour la photographie comme pour l'observation visuelle.

de 0^{mm},1 de largeur, et sont délicatement dessinés. Les côtés convexes des V forment le contour extérieur de la bande lumineuse, et en dehors d'eux il n'y a aucune phosphorescence. La largeur du V diminue quand le champ augmente, sans que la bande puisse jamais être moins large que la cathode (en champ uniforme). Si le diamètre de cette dernière est trop grand, les côtés du V ne se rejoignent pas, et par suite sa pointe n'est pas formée; la bande montre alors un éclat uniforme en son milieu, avec des côtés barbelés.



Si la cathode a un diamètre inférieur à 1^{mm},3, les figures en V montrent une distorsion qui s'accroît quand le diamètre diminue, et pour 0^{mm},5 elles sont d'une forme très compliquée.

Il est facile, d'après ce qui précède, de prévoir les apparences produites quand tous les rayons ont la même longueur, l'écran étant parallèle à la cathode. On a alors, sur toute la longueur de la bande, le même état qui existait localement dans le cas précédent, et l'on peut observer un système de deux, trois ou quatre lignes parallèles sur un fond moins éclairé.

Ainsi le filet de rayons magnéto-cathodiques (¹) possède une structure périodique suivant sa longueur. Il est remarquable que cette périodicité soit absolument invisible le long du faisceau, sur le sillon lumineux tracé dans le gaz de l'ampoule; c'est pour cette raison sans doute qu'elle n'avait pas été signalée.

L'intensité de la lumière sur chaque filet de rayons dans toute sa longueur, depuis l'espace obscur, dépend donc de la phase où se trouve ce filet au point où il rencontre l'obstacle (²). L'écran phosphorescent montre en

(¹) J'entends par là le groupe des rayons voisins.

(²) Ceci serait inintelligible si la lumière était produite directement par les rayons incidents; il faut évidemment qu'elle soit due à quelque action secondaire où l'obstacle joue un rôle essentiel.

effet qu'une même région de chacune des figures en V est l'origine d'une frange brillante dans le faisceau; reste à savoir à quelle particularité cette région doit ce privilège.

Dans l'hypothèse qui explique les rayons magnéto-cathodiques par des enroulements d'électrons, les figures en V décrites ici sont sans doute les caustiques des trajectoires des électrons, et, en fait, les photographies à grande échelle montrent, dans la dégradation des teintes, une certaine ressemblance avec les caustiques lumineuses. La périodicité est toute naturelle si les hélices ont des pas presque égaux, puisque, après un intervalle égal à ce pas, les trajectoires se retrouvent dans les mêmes positions relatives. La période de 7^{mm} trouvée pour 1000 gauss et 2000 volts [1] est assez voisine du pas de l'hélice qu'on peut calculer pour ces données, en sorte que ce premier aperçu ne paraît pas défavorable à cette conception.

CHIMIE. — *Sur la déshydratation des sels.* Note de M. Lecoq de Boisbaudran.

Dans le petit fascicule de la Société chimique de France, du 10 février 1911 [2], il a paru l'extrait d'un travail de M. Rosenstiehl sur la façon dont s'opère la déshydratation des sels.

Entre autres choses fort intéressantes, M. Rosenstiehl fait remarquer que :

« Il n'y a pas d'exemples de sels ne perdant qu'une molécule (H^2O) en dehors de ceux qui n'en contiennent qu'une. »

Dans l'étude sur les sulfates magnésiens que j'avais résumée en quelques pages insérées aux *Comptes rendus* [3] et dont le détail a figuré aux *Annales de Chimie et de Physique* [4], on trouve cependant l'indication de sels contenant plusieurs molécules d'eau, mais pouvant n'en perdre qu'une seule.

Le fait s'observe avec certains sulfates magnésiens pris isolément et aussi avec les mélanges de ces sels.

Je parlerai seulement ici des sulfates isolés.

---

(1) *Loc. cit.* Ce nombre a été obtenu avec une cathode de $1^{mm},5$ de diamètre.
(2) Pages 7 à 9.
(3) 1867, 1er sem., p. 1249, et 2e sem., p. 111.
(4) 4e sem., t. XVIII, 1869.

Ma recherche générale avait porté sur les sulfates de :

Cuivre à $5H^2O$......	Clinoédrique	Formes les plus stables à la température ordinaire (15°).
Fer à $7H^2O$.........	Clinorhombique	
Cobalt à $7H^2O$......	»	
Magnésium à $7H^2O$..	Orthorhombique	
Zinc à $7H^2O$.........	»	
Nickel à $7H^2O$.......	»	

Ces sels donnent (en prenant les précautions nécessaires) les types suivants, placés par ordre de stabilité [1] :

Sulfate de cuivre [2].	Sulfate de fer.	Sulfate de cobalt.
Q. $6H^2O$.	KK.$5H^2O$.	OR.$7H^2O$.
KR.7 »	OR.7 »	KR.6 »
KK.5 »	KR.6 »	KR.7 »
	KR.7 »	

Sulfate de magnésium.	Sulfate de zinc.	Sulfate de nickel.
Q. $6H^2O$.	Q. $6H^2O$.	KR.$7H^2O$.
KR.6 »	KR.6 »	KR.6 »
KR.7 »	KR.7 »	Q. 6 »
OR.7 »	OR.7 »	OR.7 »

On peut enlever une seule molécule d'eau à chacun des trois sels suivants en faisant agir sur lui des germes d'un sulfate magnésien plus stable, mais contenant une molécule d'eau de moins.

1° *Le sulfate de cuivre* Q. $6H^2O$ se transforme en KK. $5H^2O$, soit au contact d'une trace de sulfate de cuivre ordinaire (KK. $5H^2O$), soit aussi, et *très facilement*, d'une façon spontanée.

2° *Le sulfate de cobalt* OR. $7H^2O$ se transforme en KR. $6H^2O$, soit au contact d'une trace de ce dernier sel déjà formé, soit en chauffant douce-

(1) Au sommet de la colonne est le type le moins stable et, en bas, le type le plus stable.

(2) Pour abréger :

Q. = quadratique.	KR. = clinorhombique.
OR. = orthorhombique.	KK. = clinoédrique.

ment un point de la paroi du vase (¹), près du bord du liquide, de façon à y concentrer la solution, ce qui provoque la naissance spontanée du sel KR. $6H^2O$.

3° *Le sulfate de nickel* KR. $7H^2O$ se transforme en KR. $6H^2O$, soit au contact de traces de ce dernier sel déjà formé, soit en chauffant modérément un point de la paroi du vase près du bord du liquide.

4° *Le même sulfate de nickel* KR. $7H^2O$ peut également perdre une seule molécule d'eau en se transformant en Q. $6H^2$, ce qui a lieu en présence de traces de ce dernier sel déjà formé (²).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification directe par catalyse : préparation des éthers benzoïques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Dans une Note antérieure (³), nous avons indiqué que la déshydratation catalytique des alcools au contact de divers oxydes métalliques, tels que l'oxyde de thorium, l'oxyde titanique, etc., peut être expliquée facilement par la formation d'une combinaison instable des alcools avec ces oxydes. Cette hypothèse nous a conduits à prévoir plusieurs conséquences expérimentales importantes que l'expérience a pleinement vérifiées : synthèse des amines à partir de l'ammoniaque, préparation des thiols à partir de l'acide sulfhydrique, éthérification directe par les acides organiques.

Cette dernière n'ayant été que signalée, et simplement développée sur un exemple unique, il nous paraît utile de revenir sur cette réaction pour en préciser les conditions et le mécanisme.

Les recherches classiques de Berthelot et de Péan de Saint-Gilles, continuées par Mentschukine, ont établi que l'éthérification directe des alcools par les acides organiques est toujours limitée, parce que la réaction inverse de saponification peut toujours avoir lieu en même temps à la même température. On a

$$\underbrace{C^nH^{2n+1}OH}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{R.CO.OH}_{\text{Acide.}} \rightleftharpoons \underbrace{R.CO.OC^nH^{2n+1}}_{\text{Éther-sel.}} + H^2O.$$

(¹) Quand on produit le changement de type en partant de cristaux mouillés par leur eau mère.

(²) Le type Q. $6H^2O$ est le plus stable de ceux du sulfate de nickel, à une température dépassant notablement 25°. A 25°, les cristaux Q. $6H^2O$ sont lentement détruits, sous leur eau-mère, par les cristaux OR. $7H^2O$.

(³) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 823.

Ces réactions ont lieu à toute température, avec une lenteur extrême au voisinage de la température ordinaire, de plus en plus vite au fur et à mesure que la température est plus haute. Mais elles sont toujours lentes. Il faut plusieurs heures pour atteindre la limite vers 150°. Si l'on dirige dans un tube de 60^{cm}, chauffé entre 300° et 360° un mélange des vapeurs d'alcool et d'acide, la proportion d'éther-sel formé pendant la courte durée de la traversée du tube est absolument négligeable.

La présence d'un catalyseur va changer complètement l'allure du phénomène.

Supposons que le mélange des vapeurs d'alcool et d'acide soit mis en présence d'un oxyde catalyseur MO, issu d'un hydrate métallique $M(OH)^2$ à fonction mixte.

La réaction pourra se produire à la fois dans trois directions différentes :

1° Il y a combinaison avec l'acide pour donner un sel, instable pour les oxydes catalyseurs et régénérant l'oxyde en même temps qu'une cétone symétrique :

$$(1)\quad MO + 2(R.CO.OH) = H^2O + (R.CO.O)^2M = H^2O + MO + CO^2 + \underbrace{R.CO.R}_{\text{Cétone.}};$$

2° Il y a combinaison du catalyseur avec l'alcool, en un sel toujours instable :

$$MO + 2(C^nH^{2n+1}OH) = H^2O + \underbrace{M(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Sel instable.}}.$$

Ce composé instable pourra se détruire de deux manières, ou seul, en se dédoublant en carbure éthylénique [1] :

$$(2)\quad M(OC^nH^{2n+1})^2 = MO + H^2O + 2C^nH^{2n},$$

ou bien par intervention de l'acide, avec production d'éther-sel :

$$(3)\quad M(OC^nH^{2n+1})^2 + 2(R.CO.OH) = MO + H^2O + 2(R.CO.OC^nH^{2n+1}).$$

L'oxyde catalyseur MO est régénéré dans tous les cas, et peut continuer indéfiniment les mêmes effets.

D'ailleurs, dans le cas de la réaction (3), l'eau produite tend à détruire la combinaison $M(OC^nH^{2n+1})^2$ en régénérant l'alcool et par suite *limite* la formation de l'éther-sel qui en provient. Les deux réactions (2) et (3)

(1) Dans le cas de l'alcool méthylique, la destruction fournit de l'oxyde de méthyle.

étant l'une et l'autre très rapides, il en résulte que la limite d'éthérification sera atteinte très vite, l'oxyde catalyseur agissant ici à la manière de la mousse de platine dans la combinaison limitée de l'iode et de l'hydrogène.

Il peut donc y avoir en même temps formation de cétone, production de carbure éthylénique (ou d'éther-oxyde), et formation *limitée* et rapide d'éther-sel. C'est en effet ce que l'on observe, si l'on dirige sur de l'oxyde de thorium, chauffé vers 400°, le mélange des vapeurs d'acide acétique et d'alcool éthylique.

Mais, dans certains cas, les deux réactions (1) et (2) pourront être négligeables, la formation d'éther-sel étant alors la seule qui se produise.

Ce résultat est facilement atteint quand l'acide opposé à l'alcool n'est pas dédoublé par l'oxyde catalyseur.

Senderens a indiqué que l'acide benzoïque n'est pas atteint même à 450° par les oxydes catalyseurs tels que la thorine. On pouvait donc prévoir que l'éthérification directe de l'acide benzoïque par les divers alcools serait facile à réaliser, sans qu'on ait à redouter autre chose que l'intervention de la réaction de déshydratation des alcools, celle-ci paraissant d'ailleurs devoir être peu importante en présence d'un acide, pourvu que la température soit suffisamment ménagée. L'expérience a pleinement vérifié ces prévisions.

Le mélange des vapeurs d'un alcool primaire et d'acide benzoïque est dirigé sur une colonne de thorine chauffée vers 350°. Ce mélange est obtenu aisément, en faisant arriver par un tube capillaire une solution de l'acide dans les divers alcools. Les solutions ainsi obtenues contiennent au moins 12^{mol} d'alcool pour 1^{mol} d'acide; l'éthérification de l'acide est dans ces conditions à peu près totale (la proportion doit dépasser 95 pour 100).

On n'observe *aucune production appréciable* de carbure éthylénique, et l'acide benzoïque est presque complètement transformé en éther.

Nous avons ainsi préparé très avantageusement les *benzoates de méthyle, d'éthyle, de propyle, d'isobutyle, d'isoamyle, d'allyle.*

La perfection du procédé vis-à-vis des alcools primaires nous a engagés à l'étendre aux alcools secondaires.

Malgré l'extrême facilité de leur dédoublement en carbure éthylénique, la réaction effectuée en présence d'acide benzoïque fournit un rendement assez avantageux en éther-sel. C'est ce qui a lieu avec l'alcool isopropylique, où le dégagement de propylène se maintient très peu important : on isole facilement le *benzoate d'isopropyle*, bouillant à 218°.

Le cyclohexanol est plus fragile, mais fournit une assez bonne proportion de *benzoate de cyclohexyle*, bouillant à 285°.

Les résultats sont tout à fait analogues avec les *acides toluiques*, qui offrent vis-à-vis des catalyseurs la même résistance que l'acide benzoïque. Leur transformation en éthers-sels est accomplie facilement par la thorine, à 350°-380°; mais la préparation pratique des éthers toluiques est beaucoup moins avantageuse que celle des éthers benzoïques, parce que la solubilité des acides toluiques dans les alcools est très faible, surtout pour l'*acide paratoluique;* l'acide *métatoluique* est le plus soluble.

Nous indiquerons dans une prochaine Communication dans quelles conditions la méthode d'éthérification directe par catalyse peut être appliquée aux acides forméniques.

M. **Laveran** fait hommage à l'Académie du Tome III du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Van der Waals*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 45,

M. Ch.-Ed. Guillaume obtient......	36	suffrages
M. S. Arrhenius »	5	»
M. J.-J. Thomson »	4	»

M. **Ch.-Ed. Guillaume**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Le Calcul mécanique : Appareils arithmétiques et algébriques, intégrateurs*, par L. Jacob.

2° *La Technique aéronautique*, Tomes I et II. (Présenté par M. P. Appell.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de polynomes et les singularités des fonctions analytiques*. Note de M. PAUL DIENES, présentée par M. Émile Picard.

1. On sait que, étant donnée la série convergente

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_n x_n + a_{11} x_1^2 + a_{12} x_1 x_2 + \ldots,$$

les méthodes de MM. Mittag-Leffler et Painlevé permettent de former, à l'aide des coefficients et des constantes numériques convenables, une série de polynomes de sorte que l'égalité

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{\nu=0}^{\infty} Q_\nu(x_1, x_2, \ldots, x_n, \alpha)$$

ait lieu dans un domaine de convergence $A^{(\alpha)}$ dont la limite pour $\alpha = 0$ est l'étoile principale A (ordinaire ou curviligne) de $F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ (1).

Dans la plupart des formules proposées, la suite des représentations conformes, qui fournit le mécanisme du développement, est donnée sous la forme $v = \varphi(u, \alpha)$ où le paramètre α tend vers 0, $\varphi(0, \alpha) = 0$, $\varphi(1, \alpha) = 1$ et, sauf le cas $\alpha = 0$, $\varphi(u, \alpha)$ est holomorphe pour $u = 1$. Supposons, en outre, pour simplifier nos résultats, que la courbe génératrice de l'étoile curviligne soit holomorphe au point 1, et introduisons les expressions : *voisinage angulaire* et *circulaire* de z^0 vers l^{z^0}, définies de la manière suivante : Soit l^{z^0} l'ensemble des courbes $l^{x_1^0}, l^{x_2^0}, \ldots, l^{x_n^0}$, déterminées dans leurs plans respectifs par les points $x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0$ et par la courbe génératrice. Traçons un angle d'ouverture inférieure à π et symétrique à la tangente de la courbe $l^{x_i^0}$ au point x_i^0 et ne considérons que la partie de l'angle la plus proche de x_i^0. L'ensemble de ces domaines angulaires arbitrairement petits forme, contours compris, le voisinage angulaire de z^0 vers l^{z^0}. Si, au lieu d'un angle, on trace un cercle passant par x_i^0 et ayant pour diamètre arbitrairement petit la tangente à la courbe $l^{x_i^0}$ au point x_i^0, l'ensemble des n petits cercles ainsi obtenus sera nommé, y compris les circonférences, le voisinage circulaire de z^0 vers l^{z^0}.

(1) MITTAG-LEFFLER, IVe Note, *Acta math.*, t. XXVI; PAINLEVÉ, Note dans les *Leçons* de M. Borel *sur les fonctions de variables réelles*, et notre Note du 25 juillet 1910.

2. Cela posé, nous pouvons énoncer les théorèmes suivants :

I. *Si, pour* α *assez petit, la série de polynomes*

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} Q_\nu(x_1, x_2, \ldots, x_n, \alpha) = F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

converge au point $z^0 : x_1^0, \ldots, x_n^0$, *la fonction* F *est continue et,* z^0 *excepté, holomorphe au voisinage angulaire de* z^0 *vers* l^{z^0}, c'est-à-dire qu'elle tend vers une valeur bien déterminée, si l'on s'approche de z^0 en ce voisinage. C'est la généralisation directe du théorème d'Abel.

Inversement, *si* $F(x_1, \ldots, x_n)$ *est continu et,* z^0 *excepté, holomorphe au voisinage circulaire de* z^0 *vers* l^{z^0}, *les moyennes arithmétiques,* $\sigma_n(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, \alpha)$, *des*

$$S_n(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, \alpha) = Q_0(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, \alpha) + \ldots + Q_n(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, \alpha),$$

convergent pour α *assez petit.*

II. De même, *si, pour* α *assez petit, la série reste bornée pour* z^0, *la fonction* F *est bornée et,* z^0 *excepté, holomorphe au voisinage angulaire de ce point vers* l^{z^0} et inversement, *si la fonction est bornée et,* z^0 *excepté, holomorphe au voisinage circulaire de* z^0 *vers* l^{z^0}, *la suite* $|\sigma_n(x_1^0, \ldots, x_n, \alpha)|$ *est bornée pour* α *assez petit.*

III. *La condition nécessaire et suffisante pour que* $F(x_1, \ldots, x_n)$ *soit holomorphe au voisinage circulaire de* z^0 *vers* l^{z^0} (z^0 excepté) *est que, pour* α *assez petit,*

$$\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{|Q_n(x_1^0, \ldots, x_n^0, \alpha)|} = 1.$$

IV. *La condition nécessaire et suffisante pour que la fonction devienne infinie* (ne reste pas bornée) *et,* z^0 excepté, *soit holomorphe au voisinage circulaire de* z^0 *vers* l^{z^0}, *est que, pour* α *assez petit,*

$$\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{|Q_n(x_1^0, \ldots, x_n^0, \alpha)|} = 1,$$

et que, quelque petit que soit α,

$$\limsup_{n=\infty} |\sigma_n(x_1^0, \ldots, x_n^0, \alpha)| = \infty.$$

V. *La condition nécessaire et suffisante pour que* $F(x_1, \ldots, x_n)$ *ait une*

infinité de points singuliers au voisinage circulaire de z^0 vers l^{z^0} est que, quelque petit que soit α,

$$\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{Q_n(x_1^0, \ldots, x_n^0, \alpha)} > 1.$$

3. Appliquons ces résultats généraux au cas bien particulier où l'on n'a qu'une seule variable et où l'étoile, attachée à cette fonction $F(x)$, est rectiligne. Soit x_0 un point du cercle de convergence de

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu x^\nu = F(x).$$

Si cette série converge en x_0, on a le théorème d'Abel. Si la série diverge en x_0, on forme les $\sigma_n(x_0, \alpha)$. Si, α étant assez petit, ils ont une limite pour $n = \infty$, la fonction est continue dans le voisinage angulaire de x_0 vers $(0, x_0)$, c'est-à-dire *on a le théorème d'Abel sans aucune modification*. Si la suite $\sigma_n(x_0, \alpha)$ n'a pas de limite pour $n = \infty$ quelque petit que soit α, mais si les valeurs absolues sont bornées pour α assez petit, on en conclut que la fonction est bornée et indéterminée au voisinage indiqué. Si enfin, quelque petit que soit α, la suite $|\sigma_n(x_0, \alpha)|$ n'est pas bornée pour $n = \infty$, la fonction devient infinie en ce point. De même pour les sommets d'une étoile curviligne quelconque attachée à la fonction envisagée.

Remarquons enfin qu'*on peut débarrasser nos formules des moyennes arithmétiques* en choisissant des développements bien particuliers et assez compliqués et que la même méthode réussit dans presque tous les cas où la série est formée à l'aide de représentations conformes. Par exemple, les séries de polynomes de M. Faber (*Math. Annalen*, 1903 et 1907) se laissent traiter de cette façon, et le résultat général est que, en ce qui concerne les singularités, elles ont des analogies très serrées avec la série de Taylor.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La théorie des caractéristiques et ses applications.* Note de M. N. SALTYKOW, présentée par M. P. Appell.

Considérons le système normal de q équations partielles

$$(1) \qquad f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = \alpha_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

résolubles par rapport aux variables $p_1, p_2, \ldots, p_q$, le système linéaire

correspondant étant

$$(2) \qquad [f_i, f] = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q).$$

I. Soit le système complet d'intégrales des équations (2),

$$(3) \qquad f_1, \; f_2, \; \ldots, \; f_q, \; f_{q+1}, \; \ldots, \; f_{2n-q+1}.$$

Égalant ces dernières à des constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_q, \alpha_{q+1}, \ldots, \alpha_{2n-q+1}$, dont les $2n - 2q + 1$ dernières sont arbitraires, supposons qu'on en tire les valeurs des variables

$$(4) \qquad z, \; x_{q+1}, \; x_{q+2}, \; \ldots, \; x_n, \; p_1, \; p_2, \; \ldots, \; p_n,$$

en fonction des quantités $x_1, x_2, \ldots, x_{2n-q+1}$. Les fonctions (4) vérifient *les équations suivantes :*

$$(5) \quad \begin{cases} \displaystyle\sum_{h=1}^{q} \frac{\partial f_i}{\partial p_h}\frac{\partial x_{q+r}}{\partial x_h} = \frac{\partial f_i}{\partial p_{q+r}}, \quad \sum_{h=1}^{q} \frac{\partial f_i}{\partial p_h}\frac{\partial z}{\partial x_h} = \sum_{\sigma=1}^{n} \frac{\partial f_i}{\partial p_\sigma} p_\sigma, \quad \sum_{h=1}^{q} \frac{\partial f_i}{\partial p_h}\frac{\partial p_s}{\partial x_h} = -\frac{\partial f_i}{\partial x_s}, \\ \qquad (r = 1, 2, \ldots, n-q;\; s = 1, 2, \ldots, n), \end{cases}$$

pour toutes les valeurs de l'indice i, de 1 à q. Il s'ensuit donc immédiatement les identités

$$(6) \quad \begin{gathered} p_h = \frac{\partial z}{\partial x_h} - \sum_{r=1}^{n-q} p_{q+r}\frac{\partial x_{q+r}}{\partial x_h} \qquad (h = 1, 2, \ldots, q), \\ \frac{\partial \mathrm{U}_{\alpha_{q+k}}}{\partial x_h} = \frac{\partial p_h}{\partial \alpha_{q+k}} + \sum_{r=1}^{n-q}\left(\frac{\partial p_{q+r}}{\partial \alpha_{q+k}}\frac{\partial x_{q+r}}{\partial x_h} - \frac{\partial p_{q+r}}{\partial x_h}\frac{\partial x_{q+r}}{\partial \alpha_{q+k}}\right) \qquad (h = 1, 2, \ldots, q), \end{gathered}$$

les fonctions $\mathrm{U}_{\alpha_{q+k}}$, $\dfrac{\partial \mathrm{U}_{\alpha_{q+k}}}{\partial x_h}$ ayant les significations indiquées dans mes travaux antérieurs (*Comptes rendus*, 16 janvier 1899, 13 juin 1910; *Journal de Mathématiques*, 1899, p. 441, 444; *Bull. de la Soc. math. de France*, 1901, p. 89-90). Les valeurs (4) identifient les équations (1). En les différentiant donc, dans cette dernière hypothèse, par rapport à α_{q+k}, on obtient de nouvelles identités, moyennant lesquelles les formules (6) nous donnent

$$(7) \quad \sum_{h=1}^{q} \frac{\partial f_i}{\partial p_h}\frac{\partial \mathrm{U}_{\alpha_{q+k}}}{\partial x_h} = -\frac{\partial f_i}{\partial z}\mathrm{U}_{\alpha_{q+k}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, q;\; k = 1, 2, \ldots, 2n - 2q + 1).$$

Il existe parmi les fonctions $\mathrm{U}_{\alpha_{q+k}}$ au moins une admettant, dans un certain domaine, une valeur finie, distincte de zéro. *Nous pouvons donc poser*

$U_{\alpha_{2n-q+1}} \gtrless 0$, $U^0_{\alpha_{2n-q+1}} \gtrless 0$, *sans diminuer la généralité de nos considérations*. Par conséquent, les équations (1) étant résolubles par rapport à $p_1, p_2, \ldots, p_q$, il résulte des égalités (7) des nouvelles

$$\sum_{h=1}^{q} \frac{\partial f_i}{\partial p_h} \frac{\partial}{\partial x_h}\left(\frac{U_{\alpha_{q+k}}}{U_{\alpha_{2n-q+1}}}\right) = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, q), \quad \frac{U_{\alpha_{q+k}}}{U_{\alpha_{2n-q+1}}} = \frac{U^0_{\alpha_{q+k}}}{U^0_{\alpha_{2n-q+1}}} \quad (k = 1, 2, \ldots, 2n-2q).$$

Les formules obtenues suffisent pour établir la théorie des caractéristiques, en nous dispensant, en même temps, d'un calcul plus compliqué que celui qui vient d'être indiqué.

II. Il est aisé de démontrer que *toute fonction, dont les dérivées complètes par rapport aux variables* $x_1, x_2, \ldots, x_q$ *s'annulent, moyennant les équations* (5), *présente une intégrale du système* (2). On en conclut que *les fonctions*

$$\left(\frac{U_{\alpha_{q+k}}}{U_{\alpha_{2n-q+1}}}\right) \qquad (k = 1, 2, \ldots, 2n-2q)$$

représentent sous une nouvelle forme les $2n - 2q$ *intégrales du système* (2), *les parenthèses désignant le résultat d'élimination des constantes* α, *moyennant les équations définissant les valeurs des variables* (4).

III. Supposons, enfin, que le système (2) admet le groupe de $n + \rho + 1$ intégrales distinctes

$$(8) \qquad f_1, \; f_2, \; \ldots, \; f_q, \; f_{q+1}, \; \ldots, \; f_{n+\rho+1} \qquad (\rho < n - q)$$

possédant $n - \rho$ *fonctions distinguées* $f_1, f_2, \ldots, f_q, f_{q+1}, \ldots, f_p, \Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_{n-\rho-p}$ (¹). Les fonctions (8) forment donc le système complet de $n + \rho + 1$ intégrales distinctes du système normal,

$$(9) \quad [f_i, f] = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, p), \qquad [\Phi_j, f] = 0 \quad (j = 1, 2, \ldots, n - \rho - p).$$

Par conséquent, égalant les intégrales (8) à des constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_q, \alpha_{q+1}, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}$, dont les $2n - 2q + 1$ dernières sont arbitraires, supposons qu'on en tire les valeurs des variables

$$(10) \qquad z, \; x_{n-\rho+1}, \; x_{n-\rho+2}, \; \ldots, \; x_n, \; p_1, \; p_2, \; \ldots, \; p_n$$

(¹) Les fonctions distinguées du groupe (8) sont définies par la double condition, d'être en involution avec toutes les fonctions du groupe (8) et d'admettre sa transformation infinitésimale tangentielle.

en fonction des quantités $x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_{n+\rho+1}$. Cela étant, en supposant $U_{\alpha_{n+\rho+1}} \gtrless 0$, on en conclut, d'après le théorème II, que *les fonctions*

$$(11) \qquad \left(\frac{U_{\alpha_{q+k}}}{U_{\alpha_{n+\rho+1}}}\right) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n+\rho-q)$$

présentent les intégrales du système (9) *et, en même temps, du système* (2), *les parenthèses désignant le résultat d'élimination des constantes* α. *De plus, parmi les fonctions* (11), *il en existe* $n-\rho-q$ *formant avec les intégrales* (8) *un système complet de* $2n-q+1$ *intégrales distinctes du système* (2).

Ce résultat présente l'inverse du théorème formulé dans ma Note du 13 juin 1910. Or l'existence de $n-\rho$ fonctions distinguées du groupe (8) et celle des valeurs des variables (10), vérifiant l'égalité $dz = \sum_{s=1}^{n} p_s\, dx_s$, sont *deux conditions équivalentes*. Par conséquent, les formules (11) étant identiques à celle de ma Note du 6 juin 1910, nous avons une nouvelle (troisième) démonstration du théorème généralisé de S. Lie, les considérations développées le présentant comme corollaire de la théorie des caractéristiques.

MAGNÉTISME. — *Sur la grandeur du magnéton déduite des coefficients d'aimantation des solutions des sels de fer.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

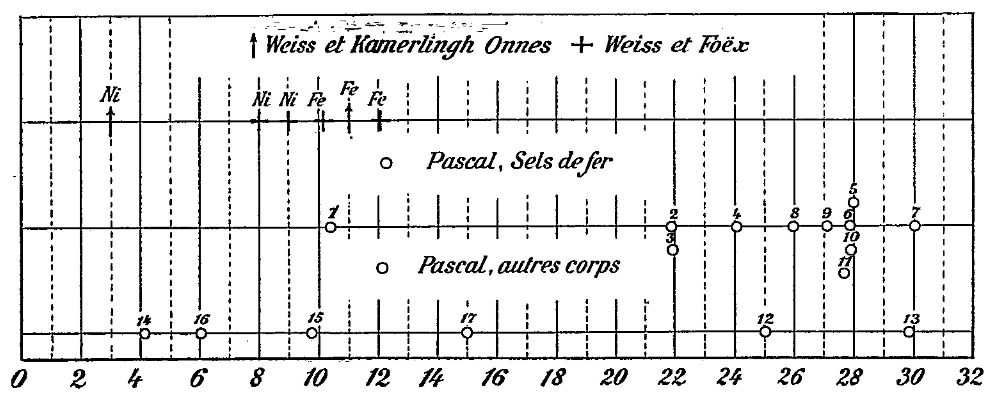
Je me propose de préciser d'abord numériquement le degré de concordance des saturations moléculaires des sels de fer dissous, calculées par la théorie cinétique, avec des multiples entiers du magnéton-gramme m. J'appelle ainsi la partie aliquote commune aux saturations moléculaires du fer et du nickel aux très basses températures $m = 1123{,}5$.

Le Tableau suivant contient les données relatives aux onze sels de fer mesurés par Pascal. Elles sont représentées dans le graphique que je reproduis plus bas :

Numéro du graphique.	Substance.	σ_m Saturation moléculaire.	$n = \frac{\sigma_m}{1123{,}5}$.	n' nombre entier.	$n'-n$.	$\frac{n'-n}{100\,n'}$.
1.	Ferricyanure de potassium.	11 700	10,41	10	—0,41	—4,15
2.	Pyrophosphate ferrique et d'ammonium..........	24 600	21,89	22	+0,11	+0,5
3.	Citrate ferrique et d'ammonium..............	24 680	21,96	22	+0,04	+0,16

Numéro du graphique.	Substance.	σ_m Saturation moléculaire.	$n = \frac{\sigma_m}{1123,5}$.	n' nombre entier.	$n' - n$.	$\frac{n' - n}{100 n'}$.
4.	Ferripyrophosphate de Na.	27 100	24,04	24	−0,04	−0,15
5.	Ferrimétaphosphate de Na.	31 500	28,03	28	−0,03	−0,1
6.	Chlorure ferrique........	31 390	27,93	28	+0,07	+0,25
7.	Sulfate ferrique..........	33 800	30,09	30	−0,09	−0,3
8.	Ferrométaphosphate de K.	29 200	25,99	26	+0,01	+0,05
9.	Ferrooxalate de Na.......	30 480	27,11	27	−0,11	−0,47
10.	Ferropyrophosphate de Na.	31 370	27,91	28	+0,09	+0,32
11.	Sulfate ferreux...........	31 120	27,69	28	+0,31	+1,1

Les saturations moléculaires ont été déduites des coefficients d'aimantation corrigés de l'influence des atomes diamagnétiques dans la molécule. Cette correction, fondée sur l'additivité du diamagnétisme, démontrée par Pascal, est le plus souvent petite. En l'omettant on ne changerait pas les conclusions, mais elle régularise les résultats. La quatrième et la cinquième colonne contiennent les nombres de magnétons donnés par l'expérience et



1. Ferricyanure de potassium.
2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium.
3. Citrate de fer et d'ammonium.
4. Ferripyrophosphate de sodium.
5. Ferrimétaphosphate de sodium.
6. Chlorure ferrique.
7. Sulfate ferrique.
8. Ferrométaphosphate de potassium.
9. Ferrooxalate de sodium.
10. Ferropyrophosphate de sodium.
11. Sulfate ferreux.
12. Chlorure de cobalt.
13. Sulfate de manganèse.
14. Permanganate de potassium.
15. Sulfate de cuivre.
16. Sulfate de cuivre ammoniacal.
17. Sulfate uraneux.

les nombres entiers voisins. L'avant-dernière colonne donne la différence des deux nombres précédents. S'il n'y avait aucun lien entre la saturation moléculaire et le magnéton, cette différence prendrait toutes les valeurs entre 0 et 0,5 et serait en moyenne 0,25. Pour qu'une expérience soit

démonstrative, il faut qu'elle soit notablement plus petite, qu'elle tombe à quelques centièmes, par exemple.

La première et la dernière valeur exceptées, $n' - n$ est remarquablement petit. Pour la dernière (sulfate ferreux), il y a une divergence exceptionnellement grande avec la détermination de Liebknecht et Wills, on peut donc soupçonner une erreur expérimentale.

La dernière colonne qui donne les différences pour cent permet de les mettre en rapport avec le degré de précision des expériences.

Faisant abstraction de tout renseignement préalable, je vais déduire de ces seules expériences une valeur du magnéton. — Les valeurs de σ_m des substances 2 et 3 d'une part, de 5, 6, 10, 11 de l'autre, sont sensiblement égales. Je forme les moyennes. Les cinq valeurs (2, 3), 4, 8, (5, 6, 10, 11), 7 forment une progression arithmétique, comme cela saute aux yeux dans le graphique. Je calcule (moindres carrés) la raison de cette progression et je trouve 2256,5. Divisant le terme du milieu 29200 par cette raison, je trouve 12,95. Elle est donc contenue 13 fois dans ce terme, au degré de précision des expériences et la progression a un terme nul.

J'utilise maintenant cette propriété pour calculer plus exactement la raison par les moindres carrés, et je donne à toutes les observations ayant contribué à la progression arithmétique des poids égaux. Je trouve ainsi pour la raison : 2244,2. La substance 9 montre que la partie aliquote commune à toutes les saturations moléculaires du fer ne peut être que la moitié de la raison :

1122,1.

Ce nombre ne diffère que de 1,3 *millième de*

1123,5.

déduit des expériences faites à Leyde sur les métaux eux-mêmes dans l'hydrogène liquide.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur l'adhésivité.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. Armand Gautier.

Lorsqu'on chauffe deux lames d'or brun dans les limites de température de leur transformation en or ordinaire, puis qu'on les rapproche jusqu'au contact, on constate que ces deux lames restent soudées l'une à l'autre. C'est à ce phénomène que je donne le nom d'*adhésivité*.

Il n'y a aucune attraction à distance et le contact des deux lames est nécessaire pour que l'adhérence ait lieu. Cette simple remarque suffit pour écarter l'hypothèse d'une action électrique ou magnétique. Du reste, l'expérience directe prouve que l'or, en train de se transformer, n'agit ni sur l'électroscope, ni sur l'aiguille aimantée.

On ne pourrait voir dans cette soudure des deux lames la conséquence d'un ramollissement du métal par l'action de la chaleur, car ce phénomène se poursuit quelque temps après le refroidissement complet des lames, et à ce moment le métal n'est aucunement mou; il serait plutôt cassant.

Pour étudier commodément l'adhésivité, j'ai réalisé l'appareil suivant :

Les deux lames, roulées en cornets, étaient placées l'une sur un support fixe, l'autre sur l'aiguille d'une balance de torsion. Elles pouvaient être amenées en contact par rotation du tambour supérieur qui entraîne avec lui le fil et l'aiguille.

Une fois l'adhérence obtenue, on fait tourner lentement le tambour supérieur, ce qui produit la torsion du fil. Dès que la rupture a lieu entre les deux lames, on cesse de tourner le tambour, et l'angle dont celui-ci a varié indique la torsion du fil qui mesure l'adhérence des deux lames.

Cette détermination ne constitue, au point de vue quantitatif, qu'une mesure imparfaite du phénomène; il importerait en effet, dans chaque expérience, de connaître les surfaces en contact qui ne sont pas forcément toujours les mêmes; mais, tel que, cet appareil m'a servi à étudier au moins qualitativement le phénomène.

Un petit four électrique, étalonné antérieurement, est placé à l'intérieur de la balance de torsion. Il permet, par une manœuvre très simple, de chauffer l'un ou l'autre des cornets à une température connue sans les faire sortir de l'appareil.

On ne peut obtenir d'adhérence à froid, ni entre deux morceaux d'or brun, ni entre deux morceaux d'or jaune. De même une lame d'or brun, chauffée à sa température de transformation, n'adhère pas à une lame d'or brun non transformé, mais elle adhère à une lame d'or jaune ou mieux à une lame d'or brun chauffée antérieurement, même si celle-ci est refroidie depuis plusieurs jours.

Dans les expériences qui vont être relatées, la lame fixe seule était chauffée à son point de transformation; la lame mobile était formée par un cornet d'or brun qui avait été chauffé, à 600°, 1 heure avant l'expérience.

Influence de la température. — Si l'on porte le cornet fixe pendant 5 minutes aux températures de 200° et de 250°, on ne constate aucune adhérence; celle-ci commence vers 300°. Cette température minima est

plus facilement constatée lorsque la lame mobile est également formée par de l'or brun chauffé à 600° quelques minutes auparavant.

L'adhésivité, une fois provoquée, continue après le refroidissement complet de la lame; elle peut disparaître en un point donné et se manifester encore sur d'autres points de la même lame.

Voici du reste le détail d'une expérience :

Cornet mobile : lame d'or brun chauffé 5 minutes à 600° et refroidi pendant 1 heure. Cornet fixe : chauffé à 350° pendant 5 minutes :

	Angle de torsion ayant provoqué l'arrachement.
Premier essai	65°
Deuxième essai	40
Troisième essai	50
Quatrième essai	20
Cinquième essai	10
6e, 7e, 8e, 9e essais	0, 0, 0, 0

On retourne les cornets pour changer les points de contact :

Premier essai	15
Deuxième essai	20
Troisième essai	5
4e, 5e, 6e, 7e essais	0, 0, 0, 0

Le même cornet chauffé de nouveau 5 minutes à 350° ne manifeste plus d'adhésivité. Il est alors chauffé 5 minutes à 400°.

	Premier point de contact.	Deuxième point de contact.
Premier essai	60°	20°
Deuxième essai	50	30
Troisième essai	40	10
4e, 5e, 6e, 7e essais	0, 0, 0, 0	0, 0, 0, 0

Une nouvelle chauffe à 400° pendant 5 minutes a ramené un peu d'adhésivité qui s'est manifestée par des angles de 30° et 15°; un chauffage nouveau à 400° est resté sans effet.

Le même cornet, porté à 450°, redevient actif, mais moins que précé-

demment; on le porte alors pendant 5 minutes à 500° :

	Premier point de contact.	Deuxième point de contact.	Troisième point de contact.
	°	°	°
Premier essai..........	310	160	90
Deuxième essai........	95	50	10
Troisième essai........	20	10	15
Quatrième essai........	35	20	10
Cinquième essai........	30	10	10
Sixième essai..........	10	0	10
Septième essai.........	5	0	0
Huitième essai.........	5	0	0
Neuvième essai........	10	0	0
10^e^, 11^e^, 12^e^, 13^e^ essais..	0, 0, 0, 0	0, 0, 0, 0	0, 0, 0, 0

Trois nouveaux chauffages à 500° ont ramené chaque fois un pouvoir adhésif encore intense dont les maxima (donnés par le premier contact) ont été : 120°, 60°, 60°; puis, toute action a disparu, malgré de nouveaux chauffages à 500°.

Si l'on porte le même cornet à la température de 550°, l'adhésivité reparaît, moins intense qu'à 500°, mais mesurée encore par des angles de torsion de 80°, 45°, 60°.

Elle se manifeste à nouveau en diminuant, vers 600°, et disparaît entièrement à partir de cette température.

Il résulte de ces expériences que ce phénomène, duquel je ne puis rien rapprocher d'analogue, est lié à la période de transformation des deux variétés d'or; qu'il s'épuise rapidement avec le temps; enfin que, quand il a cessé d'être visible sur les points de la lame qui ont été mis en contact, il peut encore être mis en évidence sur les parties voisines de la même lame.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des radiations ultraviolettes.* Note de MM. **A. Guntz** et **J. Minguin**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons employé comme source productrice de rayons ultraviolets une lampe à mercure (Silica Westinghouse 3,5 ampères, 220 volts). Les substances à étudier, placées à des distances mesurées de la source radiante, étaient enfermées dans des vases de quartz, de verre Uviol transparent aux rayons ultraviolets, ou simplement de verre ordinaire.

Voici quelques-uns des résultats que nous avons pu observer :

Effets mécaniques. — De beaux cristaux de benzylidène camphre droit ont été placés sur un verre de montre à $0^m,15$ de la source lumineuse; les cristaux s'échauffent (le thermomètre placé à côté marquait 65°); après 2 heures d'exposition les faces du cristal devenues ternes, examinées au microscope, présentent des figures de corrosion uniformément distribuées. Rapprochées davantage de la lampe (la température est plus élevée), on observe des figures de corrosion dissymétriques semblables à celles qu'on obtient en plongeant le cristal dans un dissolvant comme le toluène.

Les résultats ont été les mêmes dans un tube de quartz.

Cette action corrosive est bien due aux rayons ultraviolets et non à la chaleur, car elle ne se produit pas soit à l'étuve, soit qu'on protège les cristaux par une lame de verre. Le point de fusion et le pouvoir rotatoire sont restés constants.

Effets chimiques. — Exposons à $0^m,15$ de la lampe de quartz un cristal de sucre candi; il s'échauffe sans fondre ($t = 65°$), mais se ternit rapidement en jaunissant. Examiné au microscope on observe sur le cristal des figures de corrosions caractéristiques formées par des cercles au centre desquels se trouve une bulle de gaz; le poids de la substance n'a pas sensiblement changé (perte de $0^g,006$ pour $2^g,886$).

En opérant avec 7^g de sucre, nous avons trouvé avec la liqueur de Fehling $0^g,107$ de substance réductrice : le glucose a été caractérisé par son osazone.

La réaction peut donc s'écrire

$$C^{12}H^{22}O^{11} = C^6H^{12}O^6 + C^6H^{10}O^5.$$

En opérant en dissolution, on obtient un dégagement gazeux déjà étudié par divers chimistes, mais il se forme du glucose et du lévulose que nous avons pu caractériser par leurs osazones.

Changements d'état. — De l'anthracène en solution benzénique, après 10 minutes d'exposition à $0^m,15$ de la lampe, donne un précipité blanc cristallisé de son bimère, le para-anthracène fondant à 275°.

L'indène se résinifie très rapidement dans les mêmes circonstances en se polymérisant probablement.

Un morceau de phosphore blanc placé dans l'eau à une distance de $0^m,08$ rougit rapidement; la solution sulfocarbonique de phosphore laisse, dans les mêmes conditions, déposer rapidement du phosphore rouge.

Du soufre cristallisé bien transparent (soufre natif ou soufre cristallisé dans CS^2) placé à $0^m,15$ de la lampe devient rapidement opaque et se réduit en poussière sous une faible pression.

Si l'on place le soufre à $0^m,06$ de la lampe, il fond, subit une variation de teinte très marquée et devient partiellement insoluble dans le sulfure de carbone.

En exposant aux rayons ultraviolets des dissolutions de soufre dans le sulfure de carbone ou la benzine, on constate qu'il se dépose sur le tube de quartz du côté frappé par la lumière, une modification de soufre insoluble dans le dissolvant.

Nous nous proposons l'étude de ces diverses actions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesses de réactions dans les systèmes gaz-liquides.* Note (¹) de M. **J. Boselli**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (séance du 30 janvier 1911) relative aux vitesses de réactions en milieu hétérogène, nous avons brièvement résumé un travail théorique que nous avons fait à ce sujet.

Nos recherches expérimentales sont relatives aux systèmes gaz-liquides; la vitesse de réaction $\frac{dp}{dt}$ était définie par le poids dp de gaz absorbé par le liquide dans l'intervalle de temps dt. Un ballon contenant le liquide et le gaz étudiés était agité mécaniquement de telle manière que le liquide glissait d'une façon continue et en couche mince sur les parois; nous avons imaginé un appareil qui ne peut être décrit ici, permettant de mesurer la vitesse d'absorbtion du gaz, la réaction se produisant dans des conditions arbitraires et connues de pression gazeuse *constante*, de température et d'agitation.

Vitesses de dissolution. — Nos expériences sont relatives à la dissolution de O^2 et de CO dans l'eau. Les résultats sont les suivants; toutes choses égales, la vitesse de dissolution est proportionnelle : 1° à la différence entre la concentration de saturation du gaz et la *concentration générale* dans le liquide; 2° à la racine carrée de la vitesse d'agitation, du moins si celle-ci n'est pas trop faible; 3° à la racine carrée du coefficient de diffusion du gaz dans l'eau.

Vitesses de réactions avec combinaisons chimiques. — Nous avons été amené à distinguer dans nos recherches deux groupes de réactions :

Groupe A. — Oxydation et fixation de CO par l'hémoglobine; oxydation du pyrogallate de K et de l'oxalate ferreux.

Groupe B. — Oxydation du sulfate ferreux avec ou sans catalyseur. Oxydation du glucose en liqueur alcaline avec ou sans catalyseur.

Nous avons été amené à conclure que les combinaisons chimiques du

(¹) Présentée dans la séance du 30 janvier 1911.

groupe A se produisent pratiquement instantanément et que la vitesse de réaction mesurée dépend uniquement de la vitesse avec laquelle les corps réagissants sont amenés vers la surface de séparation des deux phases gazeuse et liquide par diffusion et convection. Au contraire, dans le cas du sulfate ferreux, on mesure une vitesse de réaction en milieu homogène, la solution du sulfate vivement agitée pouvant être considérée comme pratiquement toujours saturée de O^2 qu'elle absorbe lentement. Il en est de même pour le glucose.

La distinction entre les deux groupes se fait de la façon suivante :

Groupe A. — Toutes choses égales, les vitesses de réaction sont sensiblement indépendantes du volume liquide et varient beaucoup avec l'agitation.

On mesurera un phénomène de diffusion et de correction, si la vitesse d'absorption du gaz dans une solution d'un corps capable de réagir chimiquement est aussi ou plus grande, toutes choses égales, que la vitesse de dissolution (purement physique) *initiale* de ce gaz dans un même volume de solvant, lorsqu'au début de la dissolution le solvant est entièrement *vide de gaz*.

Groupe B. — Toutes choses égales, les vitesses sont sensiblement proportionnelles au volume liquide et sont indépendantes, dans de larges limites, de l'agitation.

En outre, on se place dans des conditions déterminées de pression gazeuse, température, agitation, etc., et l'on mesure d'une part le temps t nécessaire à saturer presque complètement par simple dissolution physique un volume V du solvant d'un certain poids p de gaz (le solvant étant naturellement supposé vide de gaz au début de l'intervalle de temps t); d'autre part, on mesure le temps t_1 nécessaire pour la disparition par combinaison chimique du même poids p de gaz dans le volume V de la solution du corps capable de réagir avec le gaz; si t est petit par rapport à t_1, il y a tout lieu de supposer qu'on mesure un phénomène chimique. Nous donnerons un exemple numérique : dans une expérience, le temps nécessaire pour dissoudre dans 40^{cm^3} d'eau distillée bouillie les $\frac{9}{10}$ du poids de $O^2 = 0^g,00112$ nécessaire pour saturer cette eau était de 18,6 secondes; le temps nécessaire pour l'absorption par 40^{cm^3} d'une solution 0,562 normale de sulfate ferreux de $0^g,00112$ de O^2 était de 1700 secondes.

PHYSICO-CHIMIE. — *Action comparée des rayons ultraviolets sur les composés organiques à structure linéaire et à structure cyclique. Étude des sels minéraux en solution aqueuse.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. É. Jungfleisch.

Nous avons constaté précédemment que les composés organiques de fonctions variées, appartenant à la *série grasse* (corps à *structure linéaire*), étaient décomposés avec dégagement gazeux par les rayons ultraviolets. Il en est autrement des corps de la *série aromatique* (corps à *structure cyclique*) dont nous avons examiné successivement les principaux types : carbures (benzène, C^6H^6; phénylacétylène, $C^6H^5.C \vdots CH$; etc.); phénols ($C^6H^5.OH$); alcools, $C^6H^5.CH^2OH$; aldéhydes, $C^6H^5.COH$; acides monobasiques, $C^6H^5.CO^2H$; bibasiques, $C^6H^4(CO^2H)^2$; hexabasiques, $C^6(CO^2H)^6$. Le résultat a été constamment négatif; *on n'observe ni photolyse avec dégagement de gaz, ni transformation apparente du produit* (sauf certains cas de polymérisation ou d'isomérisation de carbures sur lesquels nous reviendrons plus tard). L'adjonction de sels d'uranium dans les solutions aqueuses d'acides ne suffit pas à déterminer la photolyse.

La stabilité connue du noyau aromatique vis-à-vis des agents chimiques, de la chaleur et de l'électricité, se retrouve donc vis-à-vis de la lumière.

Ce contraste si marqué entre les corps gras et les corps aromatiques vient à l'appui de nos vues précédentes (*Comptes rendus*, t. 152, p. 262) d'après lesquelles *l'action photolytique des rayons ultraviolets est liée à un phénomène de résonance photochimique entre l'éther et la matière*. En effet on sait d'une part que, pour agir, les radiations doivent être absorbées, et d'autre part que d'après les observations de H. Becquerel sur les sels d'uranium, de Wood et Moore sur la vapeur de sodium, les spectres d'absorption sont identiques à ceux de luminescence. Or Goldstein a remarqué que les spectres de luminescence rémanente des corps solides (après excitation préalable par les rayons cathodiques) sont continus pour les corps gras, discontinus et formés de bandes parfois très fines pour les corps aromatiques. On conçoit dès lors que dans la série continue de vibrations des premiers, il s'en trouve pour entrer en résonance avec les vibrations synchrones de la source excitatrice, tandis qu'il n'en peut être ainsi qu'exceptionnellement pour les notes lumineuses isolées des seconds.

Cette *stabilité des noyaux cycliques, qui fait contraste avec l'instabilité des*

chaînes droites ou ramifiées, se retrouve avec d'autres noyaux que le noyau aromatique. Nous avons étudié le pyrrol (noyau pentagonal azoté), le furfurol (noyau pentagonal oxygéné avec fonction aldéhyde), la pyridine (noyau hexagonal azoté), etc., ainsi que des corps plus compliqués contenant des noyaux de ce genre : nicotine, cocaïne, caféine, acide campholénique, etc. Les rayons ultraviolets n'ont produit de dégagement gazeux avec aucun de ces corps, et n'y ont déterminé ni changement de couleur, ni altération visible.

Il en est autrement pour les *composés d'addition, dérivés des précédents* et dans lesquels les doubles liaisons du noyau ont disparu; on sait que des corps tels que l'hexahydrobenzène offrent des propriétés intermédiaires entre les carbures gras et les carbures aromatiques. Nous avons observé dans cet ordre d'idées que la pipéridine (pyridine hexahydrogénée) est décomposée par les rayons ultraviolets, avec dégagement d'hydrogène pur. Le noyau pyridique à liaisons alternativement simples et doubles représente donc la forme stable et le noyau pipéridique à liaisons simples la forme instable vis-à-vis de la lumière.

Quand des *chaînes droites sont attachées aux noyaux cycliques*, l'action de la lumière s'exerce sur elles, bien que d'une manière atténuée; c'est ainsi que l'acide cinnamique $C^6H^5.CH:CH.CO^2H$ est décomposé avec dégagement d'anhydride carbonique; mais la quantité de gaz est environ 70 fois moindre qu'avec les premiers termes des acides gras (formique ou acétique). De même, la phénylhydrazine $C^6H^5.AzH.AzH^2$ donne un dégagement gazeux.

Solutions aqueuses des sels minéraux. — Nous les avons étudiées pour préciser certains points de comparaison entre l'électrolyse et la photolyse.

Rappelons d'abord que, d'après nos constatations antérieures, les rayons ultraviolets décomposent l'eau (soit en vapeur, soit liquide) en hydrogène et oxygène, mais en proportion très faible (l'action inverse, ou combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène, étant prépondérante), et qu'on observe constamment un déficit d'oxygène par suite de ces oxydations secondaires, que les rayons ultraviolets ont une si grande aptitude à produire et qu'on retrouve d'ailleurs, bien qu'à un moindre degré, dans la décomposition de l'eau par le courant électrique, l'effluve ou les rayons du radium. L'eau oxygénée a été le plus étudié de ces produits secondaires; nous avons remarqué qu'elle se forme en proportion plus notable en milieu acide, qu'en milieu neutre ou en milieu alcalin : dans ces deux derniers, les doses

formées par l'action des rayons ultraviolets sont à la limite de sensibilité des réactifs.

Nous avons soumis aux rayons ultraviolets des solutions aqueuses, de concentrations variées, de sels métalliques : chlorure d'or, azotates d'argent ou d'uranium, sulfates de cuivre, de nickel, de cobalt, de chrome, etc. Les solutions restent limpides; il ne se forme aucun précipité métallique. Toutefois, quand le nitrate d'argent est en présence de traces de matières organiques, la lumière favorise la réduction.

Les sulfates de nickel et de cobalt nous ont donné de légers précipités couleur rouille; mais nous avons reconnu qu'ils étaient dus à des traces de fer. Il y a là un moyen simple de réaliser la séparation, délicate par les procédés chimiques ordinaires, du fer contenu à l'état d'impureté dans le nickel ou le cobalt.

Quant aux sels de fer, le sulfate ferreux précipite immédiatement en donnant des flocons couleur rouille, où l'on a caractérisé l'acide sulfurique et le fer, et le liquide devient entièrement incolore. Quand la solution de sulfate ferreux est acidulée, soit avec un acide minéral, tel que l'acide azotique ou l'acide chlorhydrique, soit avec un acide organique tel que l'acide oxalique ou l'acide pyrotartrique, la précipitation n'a plus lieu : il est donc probable que le précipité précédent est un sulfate basique.

Le sulfate ferrique seul ne précipite pas par les rayons ultraviolets, mais, fait curieux, en présence de sulfates de nickel ou de cobalt, il précipite; ce précipité, comme le précédent, donne les réactions de l'acide sulfurique et du fer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques nouveaux sélénites anhydres.* Note de M. **R.-L. Espil**, présentée par M. Troost.

Me proposant de rechercher si les propriétés de certains dérivés de l'anhydride sélénieux ne pourraient être utilisées en chimie analytique, j'ai été amené à employer une nouvelle méthode de préparation des sélénites anhydres. J'ai pu constater, après de nombreuses expériences, la formation exclusive de ces composés dans l'action de l'anhydride sélénieux sur certains oxydes métalliques.

Cette action de l'anhydride sélénieux sur les oxydes se produit, soit quand on en fait passer les vapeurs dans un tube sur l'oxygène chauffé, soit, plus simplement, lorsqu'on chauffe en tubes scellés vers 360°, un mélange d'oxyde et d'anhydride, ce dernier

étant pris en léger excès. Après quelques minutes, le tube est ouvert, et son contenu mis à digérer avec de l'alcool absolu. Ce liquide permet de dissoudre l'anhydride excédant sans risque d'hydratation pour le sélénite formé.

Les produits obtenus par l'un quelconque de ces procédés sont amorphes; toutefois, une légère modification apportée à la seconde méthode m'a permis de les préparer à l'état cristallisé. Pour cela, l'oxyde est chauffé en tubes scellés, avec un grand excès d'anhydride sélénieux jusqu'à la température de fusion de ce dernier corps (390°). Dans ces conditions, le sélénite formé se dissout dans l'excès d'un refroidissement lent. Cette dissolution n'est pas une simple hypothèse : il est possible, dans certains cas, par un refroidissement très rapide, de l'isoler sous forme d'une masse jaune, vitreuse, parfaitement amorphe.

J'ai pu préparer de la sorte les sélénites de tous les métaux dont les oxydes ont un caractère nettement basique; les autres, tels que SnO^2, ZrO^2, ThO^2, ..., ne sont, en effet, pas attaqués dans ces conditions.

La plupart de ces sélénites ont été décrits par Berzélius, Nilson, Muspratt et Boutzoureano qui les obtenaient par voie humide. De ce mode de préparation, il résulte que quelques-uns de ces composés n'avaient pu être obtenus à l'état anhydre, la chaleur les décomposant avant le départ de la totalité de l'eau de cristallisation. La description de quelques-uns de ces produits anhydres fait seule l'objet de la présente Note.

Sélénites de Cu, Ni, Co. — Ces produits répondent à la formule générale SeO^3M. Le sel de cuivre est vert. Il forme de petites baguettes confuses. Le sel de nickel est jaune, le sel de cobalt est violet et cristallise en longs prismes. Tous ces composés perdent la totalité de leur anhydride sélénieux sous l'action de la chaleur. Insolubles dans l'eau, ils sont solubles dans les acides et dans l'ammoniaque. Ils fixent rapidement l'humidité de l'air en se transformant en sélénites hydratés à deux molécules d'eau. Ces derniers produits ont été décrits par Nilson.

Sélénites de Ce, Pd, Nd, La, Sm. — Le bioxyde de cérium m'a permis d'obtenir le sélénite cérique $(SeO^3)^2Ce$, poudre jaune, insoluble dans l'eau, très peu soluble dans les acides forts, insoluble dans l'acide sélénieux. Ce sélénite peut également s'obtenir avec la plus grande facilité par ébullition de l'oxyde avec une solution concentrée d'acide sélénieux. L'oxyde de thorium, traité par ce même réactif ne subit aucune transformation.

Les sélénites de Pd, Nd, La, Sm répondent à la formule $(SeO^3)^3M^2$. Ils sont incolores à l'exception du sel néodyme qui est rose.

Insolubles dans l'eau, ils se dissolvent assez facilement dans les solutions d'acide sélénieux en formant les sélénites acides déjà connus. Ces derniers peuvent également se préparer par action de l'acide sélénieux bouillant sur les sesquioxydes.

De ce court exposé il semble qu'on pourrait tirer deux conclusions présentant un certain intérêt :

En premier lieu, la différence d'action de l'acide sélénieux en solution concentrée sur les acides de thorium et de cérium, ainsi que la facile décomposition du sélénite cérique sous l'action de la chaleur, permettent de concevoir un procédé rapide de dosage du cérium dans un mélange des deux oxydes.

D'un autre côté, la solubilité des sélénites acides de Pd, Nd, La, Sm fournit un nouveau procédé permettant de séparer les oxydes de ces métaux des oxydes de cérium et de thorium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de l'émail noir, ou lustre, des poteries italo-grecques.* Note de M. A. **Verneuil**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Malgré les nombreuses tentatives suivies depuis près d'un siècle, il n'a pas été jusqu'ici possible de reproduire le magnifique émail noir qui orne si brillamment les poteries tendres italo-grecques dites *lustrées*.

Il est extraordinaire que cette technique, suivie dans toute sa perfection pendant plusieurs siècles et qui n'a disparu qu'après avoir produit un nombre incalculable de ces vases peints, exécutés dans des ateliers si dispersés, n'ait laissé aucune trace dans les documents qui nous sont venus de la Grèce. Il est peut-être plus étrange encore que la solution de ce problème ait échappé à la sagacité de tous ceux qui ont été étonnés de ce véritable paradoxe céramique.

On sait en effet que ces vases présentent sur leur terre cuite demeurée d'un beau rouge, caractéristique du feu oxydant, un émail ou lustre du plus beau noir ne renfermant que de l'oxyde de fer comme colorant et qu'il n'est possible de réaliser, avec ce ton, qu'un feu très réducteur. Or tout démontre, pour un céramiste, que la pièce n'a pu être cuite qu'en feu oxydant.

On a tenté de reproduire ces peintures à l'aide de compositions vitrifiées riches en oxyde magnétique de fer, formé dans l'émail ou ajouté dans un fondant très ferrugineux et noir lui-même, analogue aux basaltes ou obsidiennes plus ou moins attendries par leur fusion avec des alcalis. Les résultats des recherches tentées dans cette voie sont à peu près tous semblables; ils fournissent en feu oxydant, ou presque neutre, des émaux dont le ton est brun plus ou moins foncé, mais jamais noir.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. E. Pottier, conservateur au Musée du

Louvre, avoir en mains des fragments authentiques de vases italo-grecs, et leur examen ne laisse aucun doute sur la nature du colorant noir qui présente l'opacité, la couleur et le reflet presque métallique de l'oxyde ferroso-ferrique en rappelant tout à fait, par son aspect, le vernis d'oxyde magnétique de fer formé sur tôle par l'action de la vapeur d'eau.

Toutes mes tentatives ayant pour but de réduire le silicate de fer, ou de composer un émail chargé d'oxyde magnétique, n'ont pu réaliser que des résultats analogues à ceux que je viens de citer. J'ai pensé que c'est en suivant une marche inverse, c'est-à-dire en oxydant le fer métallique pendant la formation de l'émail, qu'il serait possible de laisser à l'oxydation une marge suffisante pour réaliser pendant la cuisson la formation de l'oxyde magnétique, en conservant un excès de protoxyde de fer permettant à la glaçure de garder son ton noir.

L'expérience a pleinement confirmé ces vues, car il suffit de broyer de la limaille de fer avec un fondant composé de carbonate de soude et de la terre argilo-calcaire qui forme le vase lui-même pour obtenir, en feu oxydant, un émail glacé, noir, opaque et à reflets verdâtres, possédant par conséquent les propriétés caractéristiques de l'émail italo-grec.

Le broyage de la limaille de fer est pénible et il est possible que les Grecs aient employé, pour réaliser cette couleur, le fer impalpable obtenu par la réduction de l'oxyde à l'aide du charbon.

La soude qu'ils employaient peut-être à l'état brut, c'est-à-dire riche en charbon, en sulfate et chlorure de sodium, amenait aussi des éléments favorables à la stabilité du protoxyte de fer et, dans une certaine mesure, à la formation de sulfures concourant à la production du noir. Quoi qu'il en soit la préparation de l'émail noir italo-grec ne me paraît possible qu'en prenant le métal comme point de départ et c'est, je pense, en s'inspirant de ce principe que les peintres céramistes arriveront à reproduire dans toute leur perfection ces peintures bien dignes de notre admiration.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la pyrogénation de l'azotite d'argent.* Note de M. **Marcel Oswald**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La pyrogénation de l'azotite d'argent a été étudiée par Divers [1] d'abord seul, puis en collaboration avec Shimidzu [2]. J'ai repris ces

[1] *Journal of chemical Society*, t. IX, 1871, p. 85.

[2] *Journal of chemical Society*, t. XLVII, 1885, p. 630.

recherches, de façon à préciser davantage les conditions expérimentales, et j'ai été ainsi conduit à découvrir une nouvelle phase du phénomène. La réaction de décomposition étant quantitativement

$$\text{(I)} \qquad NO^2Ag \rightarrow NO^2 + Ag,$$

il se produit deux réactions secondaires du peroxyde d'azote sur l'argent et sur l'azotite pour donner de l'azotate et du bioxyde d'azote :

$$\text{(II)} \qquad N^2O^4 + Ag \rightarrow NO + NO^3Ag,$$

$$\text{(III)} \qquad NO^2 + NO^2Ag \rightarrow NO + NO^3Ag.$$

Divers n'avait pu mettre en évidence que la réaction (II); je signale donc la réaction (III) qui est nouvelle. J'ai d'ailleurs pu obtenir à volonté chacune des réactions précédentes, suivant les dispositions expérimentales.

1. La réaction (I) se produit seule lorsqu'on chauffe aussi rapidement que possible l'azotite dans le vide sec d'une trompe à mercure, et faisant fonctionner constamment cet appareil pendant la décomposition, surtout aux températures supérieures à 250°-300°, auxquelles l'azotate lui-même est instable. L'appareil comportait un tube-laboratoire, renfermant un tube plus petit où l'on avait taré 0g,155 d'azotite. Dans cette expérience, comme pour les suivantes, les appareils avaient été soigneusement débarrassés des matières organiques adhérentes aux parois par des lavages au mélange chromique chaud. Ce tube était soudé à un tube-sécheur à P^2O^5, et communiquait avec la canalisation d'une trompe de Guichard. Le chauffage se faisait électriquement, au centre d'un bloc en aluminium, amenant à chaque instant une parfaite égalité de température pour toutes les parties de la masse traitée. La décomposition est faible à 100°, très sensible à 130°, et très rapide au-dessus de 200°. Après un chauffage de 2 heures à 100°-260° et de 5 heures à 100°-360°, la pyrogénation a été totale, et la perte du poids était 0g,0451, soit 29,10 pour 100, le nombre théorique étant 29,87. Le résidu, formé d'argent, n'avait plus d'azotite, mais retenait de l'azotate en très petite quantité.

2. La réaction (II), que Divers avait déjà observée, a été observée par moi dans les conditions suivantes : en condensant du peroxyde d'azote solide à — 80° dans un tube communiquant avec un récipient renfermant de l'argent divisé; faisant le vide sur le tout (1) et scellant l'appareil, j'ai noté une décoloration progressive de l'atmosphère à température ordinaire. En ouvrant le tube, après complète décoloration, dans une atmosphère privée d'oxygène (CO^2), il n'y a pas coloration, tandis qu'à l'air, des vapeurs nitreuses apparaissent. J'ai également pu réduire le peroxyde d'azote par l'argent à 120°-150° en faisant passer les gaz venant de la décomposition de NO^2Ag à 160° dans le vide sec, sur une nacelle renfermant de l'argent divisé obtenu par pyro-

(1) A — 80°, la tension de vapeur de NO^2 n'est pas mesurable. — Guye et Drouginine, *Journal de Chimie physique*, t. VIII, 1910, p. 496.

génation du nitrite et élimination des produits solubles. La trompe à mercure fonctionnait constamment sur l'appareil, de telle sorte que la pression de NO^2 n'a pu surpasser 2^{mm} de mercure. L'argent obtenu après expérience donnait avec l'eau une solution précipitable par les chlorures alcalins, ne réduisant pas le permanganate de potasse sulfurique (absence de NO^2Ag), et colorant faiblement en rouge la solution sulfurique de brucine (présence de nitrate).

3. Ayant vérifié que la réaction de l'iode sur l'azotite d'argent s'effectue à température ordinaire suivant la formule

$$\text{(IV)} \qquad 2\,NO^2Ag + I^2 \rightarrow N^2O^4 + Ag^2I^2,$$

j'ai enfermé en tube scellé, dans le vide de la trompe à mercure, des cristaux d'iode avec de l'azotite d'argent, puis mélangé les deux corps. Le peroxyde d'azote, en se dégageant, a coloré l'atmosphère du tube, puis la décoloration s'est produite, très lente à froid, mais rapide déjà à 40°-50°, températures pour lesquelles la décomposition de l'azotite n'est pas appréciable pendant la durée de l'expérience. J'ai vérifié que le gaz produit est du bioxyde d'azote, et je me suis assuré, en titrant l'azotite non décomposé par le permanganate sulfurique, que la réaction apparente de l'iode est

$$2\,NO^2Ag + I \rightarrow AgI + NO + NO^3Ag$$

qui résulte de l'ensemble des formules (III) et (IV).

J'ai vérifié aussi directement l'action de NO^2 sur NO^2Ag en enfermant les deux corps solides, à — 80°, dans le vide en tube scellé, puis laissant revenir à température ordinaire. Le tube se décolore lentement, mais la diminution de coloration est nette après 48 heures lorsque l'azotite est en grand excès, et en cristaux microscopiques obtenus par précipitation; l'addition d'oxygène établit la coloration. S'il y a excès de peroxyde d'azote, de façon qu'il en reste de liquide, NO s'y dissout en donnant l'anhydride azoteux bleu-vert foncé.

4. En conséquence des réactions secondaires de NO^2 sur NO^2Ag et Ag, si l'on chauffe dans le vide sec NO^2Ag en tube scellé, de façon à provoquer l'apparition de NO^2, ce gaz est réabsorbé, même après refroidissement, par les produits solides. De plus, si la réaction (II) de Divers se produisait seule, le rapport $\frac{\text{perte de poids}}{\text{argent réduit}}$ aurait pour valeur $\frac{NO}{Ag} = 0,2782$. La réaction (III) entraîne des valeurs plus grandes pour ce rapport, soit au-dessous de 150° :

0,4155, 0,4198, 0,4630, 0,406, 0,4056, 0,409

et au delà, probablement par suite de la réduction de NO^3Ag par NO (¹) :

0,3023, 0,3224, 0,313, 0,3037

(¹) Divers, *Journal of chemical Society*, t. LXXV, 1899, p. 83.

et, en vase clos à 155°-165° :

0,2771 (valeur théorique), 0,2305, 0,2255.

Outre les réactions précédentes, j'ai observé plusieurs phénomènes intéressants, dont je poursuis maintenant l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cétones dérivées de l'acide phénylpropionique.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par Georges Lemoine.

Tout aussi bien que l'acide phénylacétique dont il a été parlé dans une précédente Communication (1), l'acide phénylpropionique ou hydrocinnamique, $C^6H^5-CH^2-CH^2-CO^2H$ (phényl-3-propanoïque-1), se prête à la préparation des cétones *mixtes*, sous l'influence catalytique de la thorine, au voisinage de 460°. Il fournit également la cétone symétrique, son carboxyle se trouvant, comme pour l'acide phénylacétique, séparé du noyau aromatique par des résidus forméniques, tandis que, dans le cas contraire (acides benzoïque et toluiques), ainsi que je l'ai fait observer (2), la cétone symétrique ne se forme pas.

On aura donc, avec le mélange de l'acide phénylpropionique et des acides gras RCO^2H, formation de trois cétones dont une mixte et deux symétriques, selon l'équation

$$3C^6H^5-CH^2-CH^2-CO^2H+3RCO^2H$$
$$=C^6H^5-CH^2-COR+(C^6H^5-CH^2-CH^2)^2CO+RCOR+3CO^2+3H^2O.$$

En augmentant la proportion de l'acide gras (3^{mol} de cet acide pour 1^{mol} d'acide phénylpropionique) j'ai constaté, conformément à des observations antérieures (3), qu'il ne se formait qu'une très petite quantité de cétone symétrique aromatique. Dans ces conditions, le produit recueilli est constitué presque exclusivement par un mélange de cétone grasse symétrique et de cétone aromatique mixte.

J'ai préparé de la sorte les cétones dérivées du mélange de l'acide phénylpropionique avec les acides acétique, propionique, butyrique, isobutyrique, isovalérique, qui seront décrites dans cet ordre. Ce sont des liquides incolores à odeur agréable. On connaissait le premier terme de la

(1) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1337.
(2) *Comptes rendus*, t. 150, p. 704 et 1337.
(3) *Comptes rendus*, t. 149, p. 997.

série, la benzylacétone ; les autres ne paraissent pas avoir été signalés. Leurs *oximes* sont des corps huileux, à part l'oxime de la benzylacétone qui cristallise en très belles aiguilles. Les semicarbazones de la phénylo-éthylpropylcétone et de la phénylo-éthylisobutylcétone sont, la première, une huile incristallisable; la seconde, une masse pâteuse. Les autres cétones ont donné des semicarbazones solides et nettement cristallisées.

Benzylacétone $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3$ (phényl-1-butanone-3, phénylo-éthylméthylcétone). — Signalée par Ehrlich, cette cétone avait été ensuite préparée par Jackson en distillant à sec un mélange d'acétate et d'hydrocinnamate de calcium.

Elle bout à 228°,5 (corr.) sous 750^{mm}. Sa densité $D_4^0 = 0,9877$.

Son *oxime* fond à 80°.

Sa *semicarbazone* fond à 136°.

Phénylpropione. — Je désigne ainsi cette nouvelle cétone qu'on peut considérer comme de la propione avec une substitution phénylée :

$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^3$$

(phényl-1-pentanone-3).

Elle bout à 244° (corr.) sous 750^{mm}. $D_4^0 = 0,9793$.

Sa *semicarbazone* fond à 82°.

Phénylo-éthylpropylcétone $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$ (phényl-1-hexanone-3). — Cette cétone bout à 263° (corr.) sous 760^{mm}. $D_4^0 = 0,9719$.

Phénylo-éthylisopropylcétone $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH\left<\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$ (phényl-1-méthyl-4-pentanone-3). — Elle bout à 256° (corr.) sous 760^{mm}. $D_4^0 = 0,9755$.

Sa *semicarbazone* fond à 86°.

Phénylo-éthylisobutylcétone $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH\left<\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$ (phényl-1-méthyl-5-hexanone-3). — Elle bout à 268°,5 (corr.) sous 760^{mm}. $D_4^0 = 0,9619$.

Diphénylpropione $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - C^6H^5$. — C'est la diphényl-1.5-pentanone-3, cétone symétrique qu'on peut considérer comme de la propione avec deux substitutions phénylées 1.5. Cette cétone se rencontre plus ou moins dans la préparation de toutes les cétones mixtes précédemment décrites. On l'obtient directement en faisant passer sur la thorine, l'acide phénylpropionique seul, vers 140°.

C'est un liquide bouillant à 347°,5 (corr.) sous 760^{mm}. $D_4^0 = 1,0356$.

Sa semicarbazone fond à 105°.

Tels sont les résultats de mes dernières recherches sur la catalyse des acides. En les rapprochant de ceux qui ont été précédemment publiés, on voit que la préparation catalytique des cétones par la thorine et, quoique moins avantageusement, comme il a été dit, par la zircone et l'uranyle, est un procédé très général qui m'a permis de préparer, avec la plus grande facilité, 12 cétones de la série grasse et 32 cétones aromatiques.

A ces diverses cétones que j'ai publiées en détail s'ajoutent les naphtylcétones dont je me suis contenté de signaler la préparation catalytique [1], parce que leur étude était déjà faite.

Toutes les cétones ainsi obtenues sont des corps saturés.

J'avais espéré que mon procédé pourrait s'appliquer aux acides incomplets, à l'acide cinnamique par exemple, pour fournir une série de cétones non saturées analogue à la série saturée de l'acide hydrocinnamique ou phénylpropionique qui dérive de l'acide cinnamique par hydrogénation. Il n'en est pas ainsi. L'acide cinnamique se détruit et il se forme, en majeure partie, du métastyrolène. De même dans la série grasse, tandis que l'acide butyrique donne, avec la thorine, si aisément, la butyrone, l'acide incomplet qui lui correspond, l'acide crotonique, ne fournit que les produits pyrogénés résultant de sa destruction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'isospartéine. Action de l'iodure de méthyle sur cette base.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Amand Valeur**, présentée par M. A. Haller.

1. Nous avons montré antérieurement (*Comptes rendus*, t. 145, p. 1184) comment, à partir de l'α-méthylspartéine, on peut préparer un iodhydrate d'iodométhylate d'isospartéine, et, par décomposition de ce dernier sel, sous l'influence de la chaleur, l'isospartéine elle-même.

Cette réaction, en raison de son faible rendement, ne permet pas d'obtenir aisément une quantité d'isospartéine suffisante pour en entreprendre l'étude.

Nous avons trouvé récemment un autre procédé de préparation beaucoup plus avantageux.

Il consiste à chauffer à 220°-230° dans un courant de gaz chlorhydrique, le dichlorhydrate d'α-méthylspartéine. Dans ces conditions, il y a simultanément isomérisation

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 704.

de ce sel, en chlorhydrate de chlorométhylate et décomposition de ce dernier, en chlorure de méthyle et dichlorhydrate d'isospartéine.

On obtient ainsi en isospartéine environ 90 pour 100 de la quantité calculée théoriquement.

2. Comme la spartéine, l'isospartéine n'a point de tendance marquée à donner de diiodométhylate; mise en contact avec de l'iodure de méthyle en solution méthylique bouillante, elle en fixe une seule molécule, en donnant une matière solide de composition $C^{15}H^{26}N^2.CH^3I$.

Ce produit est un mélange de deux iodométhylates distincts : l'un d'eux possède un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -16°,8$; il est identique à l'iodométhylate obtenu antérieurement par nous dans l'isomérisation de l'iodhydrate d'α-méthylspartéine.

Le second a un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -33°,3$.

L'isospartéine, comme la spartéine, fournit donc deux monoidométhylates différents.

Nous les distinguerons respectivement par les lettres α et α', comme nous l'avons fait pour les sels correspondants de spartéine. L'*iodométhylate-α d'isospartéine* sera celui de plus faible pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -16°,8$; l'*iodométhylate-α' d'isospartéine*, celui de pouvoir rotatoire plus élevé $[\alpha]_D = -33°,3$.

3. Nous avons également établi que, dans ces deux iodométhylates, l'iodure de méthyle est fixé au même atome d'azote et qu'il existe entre eux la même relation de stéréoisomérie à l'azote, qu'entre les iodométhylates α et α' de spartéine.

Pour cela, il était indispensable d'obtenir les deux iodométhylates d'isospartéine dans un état de pureté incontestable. Or, ces deux sels se combinent à l'acide iodhydrique, en donnant deux iodhydrates d'iodométhylates dont les solubilités dans l'eau sont très différentes. L'iodhydrate d'iodométhylate-α $C^{15}H^{26}N^2CH^3I.HI + H^2O$ se dissout, en effet, dans 0,4 partie d'eau à 10°, alors que son isomère $C^{15}H^{26}N^2CH^3I.HI + 2H^2O$ exige 18 parties d'eau à la même température.

Il est donc extrêmement aisé d'obtenir à l'état pur l'iodhydrate d'iodométhylate-α' d'isospartéine et d'en régénérer l'iodométhylate correspondant.

Quant à l'iodométhylate-α, comme il se forme seul par isomérisation de l'α-méthylspartéine, il est également facile de l'obtenir tout à fait pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouvelles méthodes de synthèse des nitriles.* Note de M. **Grignard**, présentée par M. A. Haller.

La première de ces méthodes consiste à faire réagir le chlorure de cyanogène sur les composés organomagnésiens mixtes. La réaction est la suivante :

$$RMgX + ClCN = MgXCl + RCN.$$

Les nitriles réagissant eux-mêmes sur les organomagnésiens pour donner des cétones (Blaise), il est évident que l'on doit faire arriver le magnésien peu à peu dans le chlorure de cyanogène et non l'inverse. Voici comment l'on opère :

Le chlorure de cyanogène préparé par la méthode de Drechsel ou mieux par celle de Held est extrait de sa solution aqueuse par chauffage; on le fait passer dans deux ou trois colonnes desséchantes à chlorure de calcium et on le recueille dans un ballon-laboratoire contenant de l'éther anhydre préalablement taré et refroidi à 0°. Dans cette solution éthérée maintenue froide, on fait alors tomber goutte à goutte la quantité correspondante d'organomagnésien. Il se produit des flocons blanchâtres qui se rassemblent tantôt en une couche huileuse, tantôt en un magma cristallin. On abandonne ensuite la réaction à elle-même pendant quelques heures, puis on décompose sur la glace; on acidifie par l'acide sulfurique dilué, on sépare la couche éthérée, on la lave au bicarbonate de soude, on la sèche et l'on distille l'éther. Le résidu, rectifié sous pression convenable, fournit, en général, le nitrile très pur.

Cette méthode paraît être applicable dans les diverses séries. C'est ainsi qu'en de premiers essais, nécessitant encore une mise au point, j'ai obtenu les nitriles benzoïque, α-naphtoïque, anisique et phénylpropionique avec des rendements variant de 55 à 80 pour 100. Mais il est évident qu'elle ne présentera, en général, un intérêt pratique que dans les cas où la méthode au cyanure de potassium n'est pas applicable. On peut donc espérer qu'en dehors de la série aromatique, elle pourra encore être avantageusement utilisée dans certains cas particuliers où le dérivé halogène n'est que difficilement accessible ou même inconnu, tandis que l'organomagnésien peut être obtenu directement sans passer par son intermédiaire, ainsi que cela se produit avec les carbures acétyléniques vrais et avec quelques autres comme l'indène et le fluorène [1].

---

[1] Grignard et Ch. Courtot, *Comptes rendus*, février 1911.

Il est vraisemblable aussi qu'elle se prêtera à la production directe de cétones symétriques ou dissymétriques. Si après avoir réalisé la réaction précédente, on ajoute, en effet, une deuxième molécule d'organomagnésien, qui pourra être différent ou non du premier, on devra obtenir une cétone d'après le processus de la méthode de M. Blaise.

Il y a lieu de signaler que la réaction que je viens de décrire n'est pas la même avec les autres dérivés halogénés du cyanogène. Ainsi, avec l'iodure de cyanogène et le bromure de phénylmagnésium, j'ai obtenu uniquement la transposition inverse

$$C^6H^5MgBr + ICN = C^6H^5I + BrMgCN.$$

Avec le bromure de cyanogène, les deux réactions ont lieu simultanément, mais c'est la dernière qui prédomine.

Des faits analogues ont d'ailleurs été déjà signalés. M. Haller a montré, il y a longtemps, que le chlorure de cyanogène donne avec le camphre sodé du cyanocamphre, tandis que l'iodure de cyanogène ne donne que de l'iodocamphre. Plus récemment, M. Moureu, en faisant réagir le bromure de cyanogène sur le dérivé sodé du phénylacétylène, a obtenu un mélange du nitrile et surtout du bromure correspondants.

Si l'on rapproche les réactions précédentes de celles des halogènes eux-mêmes sur les organo-magnésiens (Bodroux),

$$RMgX + X_1^2 = RX_1 + MgXX_1,$$

on est conduit une fois de plus à rappeler l'analogie réactionnelle des halogènes et du cyanogène, celui-ci se plaçant, au point de vue qui nous occupe, entre Cl et Br et au voisinage du second.

Ceci nous amène également à la conclusion que le cyanogène doit réagir sur les organomagnésiens d'après le même processus que les halogènes, c'est-à-dire qu'on doit avoir

$$RMgX + CN - CN = RCN + NCMgX,$$

et non, comme l'a formulé M. Blaise ([1]),

$$RMgX + CN - CN = NC - C\begin{matrix}\nearrow NMgX \\ \searrow R\end{matrix}.$$

Ce savant n'a pu, dans les conditions où il a opéré, arrêter la réaction à

([1]) *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 40.

cette première phase et il a obtenu seulement des cétones dont il expliquait la formation par l'équation

$$NC-C\begin{matrix}\nearrow NMgX\\ \searrow R\end{matrix} + RMgX = NCMgX + \begin{matrix}R\searrow\\ R\nearrow\end{matrix}C = NMgX.$$

Au contraire, en opérant exactement comme plus haut, c'est-à-dire en faisant tomber goutte à goutte le magnésien dans une solution éthérée froide de cyanogène, on limite facilement la réaction à la première phase et l'on obtient uniquement des nitriles et non des nitriles α-cétoniques comme le voudrait l'équation de Blaise.

J'ai préparé en effet de cette manière les nitriles isocaproïque, benzoïque et phénylbutyrique avec des rendements seulement un peu inférieurs à ceux fournis par le premier procédé. Il y a donc là encore une véritable méthode de synthèse des nitriles, bien qu'elle semble devoir être, en général, moins avantageuse et, en tout cas, moins économique que celle au chlorure de cyanogène.

BOTANIQUE. — *Remarques sur la classification des* Sideroxylées. Note de M. **Marcel Dubard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les *Sideroxylées* constituent un groupe de Sapotacées, où l'androcée est formé de deux verticilles, isomères avec la corolle, mais où le verticille externe ne comprend que des staminodes alternipétales, tandis que l'interne est constitué par des étamines fertiles épipétales.

La classification de ces plantes est actuellement pleine de confusion, par suite d'une définition trop peu précise des genres principaux et l'interprétation variable des caractères génériques suivant les auteurs.

Cette remarque s'applique surtout au genre *Sideroxylon*, où ont été successivement rangées les formes les plus extrêmes de tout le groupe; à vrai dire, Engler, dans sa monographie des Sapotacées africaines (¹), a senti le besoin de resserrer les limites de ce genre; mais, par suite de l'objectif spécial qu'il se proposait, il n'a pas suffisamment précisé l'extension totale qu'il lui accordait. Nous prendrons donc comme point de départ de cette

(¹) Engler, *Monographieen afrikanischer Pflanzenfamilien und Gattungen*, t. VIII, 1904, p. 25.

discussion le genre *Sideroxylon* tel qu'il est défini par le même auteur dans les suppléments aux *Pflanzenfamilien* (1), avec sa subdivision en 27 sections, d'ailleurs très peu homologues.

Il convient tout d'abord de faire état d'un caractère très important de l'ovule qui retentit sur la structure de la graine et de ranger d'un côté toutes les formes chez lesquelles le hile et le micropyle sont rapprochés (anatropie accusée) et où la cicatrice typique de la graine des Sapotacées, résultant de sa soudure avec le péricarpe, est basilaire et de peu d'étendue (type *eusideroxylé*), et, d'autre part, les formes chez lesquelles le hile et le micropyle sont assez éloignés, occupent généralement les deux pôles de la graine (anatropie faible ou nulle) et sont réunis par une cicatrice latérale et de forme allongée (type *lucumé*). Le plus souvent, dans le premier cas, l'insertion des ovules se fait vers la base des loges; dans le second, vers leur partie supérieure, mais cette correspondance n'est pas une règle générale.

Parmi les formes appartenant au type *lucumé*, les auteurs ont essayé, comme moyen de classification, de faire appel au caractère de la présence ou de l'absence d'albumen dans la graine. Baillon emploie constamment ce caractère, tout en remarquant qu'il n'a pas grande valeur pour la distinction des genres de Sapotacées (2). Si on l'applique en effet d'une manière absolue, on s'aperçoit vite qu'il contrevient dans bien des cas aux affinités naturelles; à notre avis, on peut en faire un guide utile, si l'on ne l'emploie pas à l'exclusion de tous les autres caractères.

On peut d'ailleurs le doubler en quelque sorte par un autre caractère tiré de la structure de l'embryon. Tantôt l'ensemble de la tigelle et de la radicule (*caudicule*) forme un organe très court, punctiforme, faisant à peine saillie en dehors de la commissure des cotylédons; tantôt, au contraire, cette caudicule est allongée, cylindrique et mesure plusieurs millimètres. Il faut remarquer que les embryons du premier mode correspondent le plus souvent à des graines exalbuminées et portent de gros cotylédons charnus, tandis que les autres proviennent de graines albuminées et possèdent des cotylédons minces. Mais la correspondance des caractères n'est pas absolue, et l'examen d'un grand nombre de Sideroxylées nous a montré que c'est le caractère embryonnaire qui doit primer, dans les cas douteux, celui que donne le développement de l'albumen.

---

(1) ENGLER, *Die natürlichen Pflanzenfamilien. Nachträge*, 1897, p. 275.

(2) BAILLON, *Histoire des plantes*, t. XI, 1892, p. 256.

Nous pouvons alors subdiviser ces deux types primitifs en deux sous-types :

I. *Type eusideroxylé.* — 1° Embryon à caudicule longue, graine généralement albuminée ; 2° embryon à caudicule courte, graine généralement sans albumen.

II. *Type lucumé.* — 1° Embryon à caudicule longue, graine généralement exalbuminée; 2° embryon à caudicule courte, graine généralement sans albumen.

L'application du caractère fourni par l'embryon, en donnant une base sérieuse à la classification, n'empêche pas d'ailleurs de reconnaître de part et d'autre des convergences indéniables qui assurent une continuité remarquable dans la famille des Sapotacées.

Si du genre *Sideroxylon*, pris au sens large, nous extrayons d'une part toutes les formes du type *eusideroxylé*, d'autre part toutes les formes du type *lucumé*, à caudicule courte, qu'on y a rangées à tort, il reste un ensemble très considérable de formes, qui constitue un groupe naturel.

C'est la majeure partie de cet ensemble que Pierre avait comprise dans son genre *Planchonella* (¹), qui se serait imposé de prime abord, si son auteur en eût plus fortement démontré l'importance fondamentale, et si, entraîné par une analyse trop minutieuse, il n'en eût distrait quelques petits groupes très secondaires. Mais il n'en a pas moins pressenti la nécessité de constituer, aux dépens des *Sideroxylon*, un genre nouveau, dont l'utilité avait été jusque là méconnue.

Engler a d'abord ramené au genre *Sideroxylon* tous les *Planchonella* de Pierre ; Baillon les rattacha ensuite à l'ancien genre *Sersalisia* de Brown, groupe très mal défini; Engler, dans sa Monographie des Sapotacées africaines, reprend, à quelques détails près, la classification de Baillon et fait rentrer, sans commentaires, les *Planchonella* dans les *Sersalisia*, bien qu'il indique explicitement, parmi les caractères de ce dernier genre, l'absence d'albumen et que les *Planchonella* en soient abondamment pourvues. Les *Sersalisia* africains d'Engler ont d'ailleurs une caudicule courte et s'éloignent donc autant qu'il est possible des *Planchonella*, pour se rallier aux *Lucuma*.

C'est dire que Baillon et Engler, tout en ayant constitué sous le nom de *Sersalisia* un ensemble qui peut paraître équivalent au premier abord aux

(¹) PIERRE, *Notes botaniques*, décembre 1890, p. 29.

Planchonella, ont cependant méconnu le caractère fondamental qui donne à ce groupe son véritable intérêt. C'est pourquoi nous croyons devoir rénover ce genre, qui, avec les *Lucuma* et les *Sideroxylon* (du type *eusideroxylé*), est un des pivots de la sous-tribu des *Sideroxylées*.

En résumé : 1° En nous basant sur les caractères de l'ovule et de la graine, nous sommes conduits à diviser les Sideroxylées en *Eusideroxylées* où la cicatrice est basilaire et *Lucumées* où elle est latérale.

2° En nous basant sur les caractères de l'embryon, nous sommes amenés à considérer symétriquement dans chacun des groupes précédents deux types centraux, soit à caudicule punctiforme (*Bumelia*, *Lucuma*), soit à caudicule saillante (*Sideroxylon*, *Planchonella*).

3° Ce sont les trois genres *Lucuma*, *Sideroxylon* et *Planchonella* qui jouent le rôle prépondérant dans le groupe des Sideroxylées ; ils correspondent à trois centres de dispersion géographique. Les *Lucuma* appartiennent à la zone tropicale américaine, les *Sideroxylon* sont surtout africains, les *Planchonella* croissent dans la région indo-malaise et l'Australie. Le genre *Bumelia* est cantonné dans la région des *Lucuma*, où il forme le trait d'union entre ces plantes et certaines formes de *Sideroxylon* par l'intermédiaire des *Dipholis*.

4° Des genres secondaires assez nombreux viennent se grouper facilement, si l'on tient compte des considérations précédentes, autour des trois genres principaux du groupe et forment entre eux des transitions naturelles soit au point de vue botanique, soit au point de vue géographique.

CYTOLOGIE. — *Sur le phénomène de conjugaison des chromosomes à la prophase de la première cinèse réductrice (microsporogenèse chez* Endymion nutans *Dum.*). Note de MM. **J. Granier** et **L. Boule**, présentée par M. Guignard.

Nous avons signalé, dans une récente Communication (¹), la précocité de la division longitudinale des chromosomes dans les cellules somatiques d'*Endymion nutans* : le clivage dont on constate l'existence à la prophase d'une division d'ordre donné n, ne se produit pas à cette prophase, mais remonte à la fin de la métaphase de la division précédente $n - 1$.

Dans les cellules reproductrices, lorsque commence le mouvement de la

(¹) *Comptes rendus* du 16 janvier 1911.

première cinèse de réduction, ce qui frappe surtout au premier abord, dans les chromosomes, c'est leur épaisseur relativement considérable, comparée à celle des chromosomes de la prophase somatique. A quoi tient cette particularité?.. A la prophase des cinèses somatiques, chaque masse chromosomique est constituée de deux branches seulement, les deux branches issues du clivage métaphasique $n - 1$.

Dans le cas de la première cinèse réductrice, les masses chromatiques présentent, au contraire, chacune quatre branches distinctes. L'explication de ce fait, qui s'offre la première à l'esprit, est que les chromosomes de la dernière cinèse goniale se sont conjugués par paires à la prophase de la première cinèse de réduction. Ces chromosomes étant chacun bipartite, leur combinaison deux à deux donnerait en effet des groupes chromosomiques à quatre branches. Ce serait la constitution, chez *Endymion nutans*, des *gemini* observés ailleurs; mais ces *gemini* présenteraient ici cette particularité que chacune de leurs branches serait elle-même géminée. Ainsi s'expliquerait encore l'épaisseur, à première vue un peu anormale, des masses chromatiques à ce stade : elle répond à l'épaisseur de deux chromosomes prophasiques somatiques.

Or, que cette explication soit la vraie, cela ressort, tout d'abord, de la constitution même des *gemini*. En effet, dans ces masses chromosomiques, les quatre branches ne sont pas disposées à l'aventure; dans le groupe commun qu'elles constituent, elles sont elles-mêmes toujours associées par paires.

Chacune de ces paires élémentaires du groupe chromosomique géminé reproduit l'aspect d'un chromosome bipartite de la cinèse goniale antérieure, de sorte que nous croyons pouvoir conclure que les chromosomes de cette cinèse ont gardé leur individualité à travers tous les stades qui ont suivi leur clivage longitudinal méta-anaphasique, et que ce sont eux que nous retrouvons au sortir du repos, non plus cependant absolument libres dans la vacuole nucléaire, mais plus ou moins étroitement groupés en *gemini*. Ils paraissent parfois simplement juxtaposés, mais très exactement, sur toute leur longueur, sauf aux deux extrémités, où les bouts de chaque unité chromosomique s'écartent l'un de l'autre sous un angle plus ou moins ouvert, Le plus souvent, toutefois, les rapports sont beaucoup plus intimes; les chromosomes s'enlacent en spirale, accolés l'un à l'autre sur presque tout leur trajet, montrant seulement parfois, par endroits, des boucles plus ou moins prononcées, déterminées par l'écartement à ce niveau de leurs tours de spire.

Cet aspect se présente de très bonne heure; il marque le début même de la prophase. Nous ne saisissons presque jamais de stade où les chromosomes, déjà sortis du réseau réel ou apparent du repos, ne seraient pas encore groupés en *gemini*. Ordinairement ils sortent associés du réseau; dès que nous les retrouvons, après le stade quiescent, nous les voyons conjugués, sans avoir pu saisir le moment où s'est faite cette conjugaison. Elle s'opère évidemment pendant la phase du dernier *repos* gonial, ce qui montre combien peu cette dénomination de *repos* répond à la réalité.

Cependant, les chromosomes conjugués évoluent rapidement vers une concentration considérable de leur substance chromatique; ils deviennent très vite ramassés et trapus, comme à la fin de l'anaphase antérieure $n - 1$. Cet aspect est à signaler, car il favorise la numération des chromosomes à ce stade, et cette numération apporte une nouvelle preuve de la réalité de la conjugaison ou *syndèse* des chromosomes deux à deux. Nous ne comptons, en effet, à ce stade que huit masses chromosomiques. Or le nombre normal spécifique est seize. Ce nombre est donc ici réduit de moitié. Si cette réduction est due à la combinaison des chromosomes par paires, nous comprenons à nouveau que l'épaisseur des chromosomes de la prophase réductrice attire tout d'abord l'attention : elle doit en effet être le double de l'épaisseur ordinaire des chromosomes aux prophases somatiques.

Cette réduction du nombre des chromosomes, s'accompagnant de leur augmentation considérable d'épaisseur, serait à elle seule, nous semble-t-il, un argument suffisant pour établir la réalité de la syndèse géminée, lors même que l'observation directe qui, en fait, la révèle, ne la révélerait pas.

Peu à peu s'accentue une évolution inverse de celle dont nous venons de parler, et qui établit encore une différence entre la prophase réductrice dont nous décrivons les principaux phénomènes et les prophases somatiques. Les bandes chromosomiques redeviennent longues et grêles, et les deux branches jumelles de chacun des chromosomes des *gemini* cessent de nous apparaître distinctes. Il se produit en même temps un tassement graduel des éléments chromosomiques, aboutissant à l'aspect qui a reçu le nom de *contraction synaptique* ou *synizésique*. Il faut noter pourtant que si, à ce stade, les deux branches constitutives de chacun des chromosomes géminés cessent d'être visibles en tant qu'unités distinctes, il n'en est pas ainsi des chromosomes eux-mêmes : on constate toujours la persistance de leur caractère syndésique.

D'ailleurs l'aspect antérieur reparaît bientôt, et nous retrouvons, après

la contraction synizésique, nos *gemini* du début, avec leurs quatre branches distinctes.

Ces observations, basées sur l'étude des phénomènes de réduction chez *Endymion nutans*, signalent des faits qui ne sont probablement pas particuliers à ce seul objet ; nous en avons même la certitude, car nous avons déjà rencontré des dispositions essentiellement les mêmes chez *Hyacinthus orientalis*, *Hyacinthus amethystinus* et *Lilium excelsum*.

PHYSIOLOGIE. — *Expériences faites au Mont-Blanc en* 1910 *sur la sécrétion gastrique à la très haute altitude*. Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. É. Roux.

En dehors des grandes crises asphyxiques ou syncopales qu'on est exposé à subir lorsqu'on monte dans les couches élevées de l'atmosphère, le phénomène morbide le plus habituel est l'anorexie, souvent accompagnée de nausées et de vomissements. On peut même affirmer que ce dégoût de la nourriture apparaît dans toutes les formes du mal d'altitude. Les aéronautes peuvent en être atteints aussi bien que les ascensionnistes, et ceux-ci même le ressentent souvent davantage lorsqu'ils séjournent à l'abri des intempéries ; il ne faut donc pas l'imputer au froid ni à la fatigue : la privation relative d'oxygène en est la cause la plus évidente.

J'ai voulu analyser le mécanisme de cette anorexie et, en septembre dernier, j'ai étudié les variations déterminées par la très haute altitude dans la quantité du suc gastrique secrété et dans son acidité totale.

Comme les années précédentes, j'ai bénéficié des libéralités de la Société des Observatoires du Mont-Blanc et de l'hospitalité que son directeur, M. Joseph Vallot, offre aux travailleurs dans l'Observatoire qu'il a fondé aux Bosses, à 4360^{m} d'altitude.

Mon sujet d'expériences a été un chien, bien dressé et très docile, opéré d'une fistule gastrique à Paris, dans le laboratoire du professeur Roger, étudié à Chamonix dans le laboratoire de M. Vallot et transporté à dos d'homme jusqu'à l'Observatoire des Bosses ; puis redescendu de la même façon à Chamonix pour y subir des analyses comparatives après celles qui furent effectuées au Mont-Blanc. Nullement fatigué par ces changements de séjour, aujourd'hui 13 février 1911 il est encore vivant.

Voici comment j'ai étudié son suc gastrique :

Après avoir laissé cet animal à jeun un même nombre d'heures, je vidais son estomac

en débouchant la canule qui fermait sa fistule gastrique; puis, cette canule étant refermée, je faisais avaler au chien, par petits morceaux, 50g de viande fraîche; je le maintenais dans sa cage au repos pendant 1 heure, après quoi je recueillais par la canule la totalité du contenu stomacal que je filtrais, mesurais et neutralisais enfin au moyen de quelques gouttes d'une solution déci-normale de carbonate de soude. A Chamonix, j'opérais sur 10^{cm^3} de suc gastrique, mais au Mont-Blanc je ne pus jamais en recueillir une aussi grande quantité à chaque expérience; j'ai donc dû exprimer l'acidité en fonction du nombre de gouttes qui auraient neutralisé 1^{cm^3}; mon réactif a été le tournesol.

Le Tableau suivant indique les résultats numériques de mes expériences :

Tableau des expériences sur la sécrétion gastrique, faites au Mont-Blanc en 1910.

Dates. 1910.	Lieux des expériences.	Volume du contenu gastrique total.	Volume du liquide filtré.	Pourcentage du déchet.	Nombre de gouttes nécessaires pour neutraliser.	Acidité relative pour 1^{cm^3}.
		cm³	cm³		cm³	
5 sept.	Chamonix.	25	18	28,00	38 pour 10	3,8
6 »	»	23	15	34,78	35 pour 10	3,5
8 »	»	28	19	32,14	32 pour 10	3,2
9 »	»	25	16	36,00	36 pour 10	3,6
14 »	Mont-Blanc.	13	7	46,15	19 pour 7	2,7
15 »	»	11	3 ½	68,18	9 pour 3 ½	2,5
16 »	»	10	4	60,00	11 pour 4	2,7
17 »	»	9	4 ½	50,00	13 pour 4 ½	2,8
18 »	»	9 ½	5	47,36	16 pour 5	3,2
19 »	»	12	5	58,33	19 pour 5	3,8
20 »	»	10 ½	3 ½	66,66	11 pour 3 ½	3,14
24 »	Chamonix	27	21	22,22	31 pour 10	3,1
25 »	»	21	17	19,04	34 pour 10	3,4
26 »	»	24	18	25,00	32 pour 10	3,2

Les chiffres de ce Tableau montrent que :

1° La *quantité* du suc gastrique sécrété dans un temps donné, après un repas identique, *diminue notablement* pendant le séjour à une haute altitude;

2° L'*acidité totale* de ce suc n'est que *peu diminuée* dans les mêmes conditions;

3° L'*activité générale* du suc gastrique est *fortement ralentie :* en effet, si l'on évalue la différence entre le volume total du contenu stomacal et le volume du liquide filtré, les résidus que retient le filtre ont augmenté notablement pendant le séjour au Mont-Blanc.

Ce ralentissement de l'activité sécrétoire de l'estomac concorde avec le ralentissement des combustions que j'ai déjà démontré. La pénurie de suc gastrique explique la perte de l'appétit; elle me paraît expliquer également l'avidité qu'on éprouve, à la très haute altitude, pour tous les aliments susceptibles d'exciter la sécrétion gastrique ou de la suppléer, tels que : le jus de citron, le vinaigre et les épices.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les diastases.* Note de M. **H. Agulhon**, présentée par M. É. Roux.

Downes et Blunt, Duclaux, Roux, Fernbach ont étudié l'action de la lumière solaire sur la sucrase, la présure et la toxine diphtérique, mais ils n'ont pas cherché à déterminer la partie active du spectre. Green (1) se servant de la lumière de l'arc électrique, s'est le premier rendu compte de l'action destructrice de l'ultraviolet; son étude porte uniquement sur la diastase du malt et la salive. En 1904, Hertel (2) a noté l'atténuation de la toxine diphtérique et de quelques diastases (trypsine, amylase, présure), sous l'influence de l'éclairement par une raie bien caractérisée du magnésium appartenant à l'ultraviolet (2800 à 2750 unités Angström). Plus récemment, Mlle Cernovodeanu et V. Henri (3), Baroni et Jonesco-Mihaiesti (4) ont observé la destruction de certaines toxines et des propriétés de certains sérums sous l'action des sources intenses d'ultraviolet qu'on possède actuellement.

Il m'a paru intéressant d'étendre ces récentes études aux solutions diastasiques et d'apporter ainsi un complément aux travaux de Green et de Hertel.

Je me suis servi dans ces expériences, d'une lampe à mercure Heraeus en quartz fondu, prenant 2 à 3 ampères sur 110 volts. Les solutions diastasiques étaient exposées à une distance de 15^{cm} à 20^{cm} de cette source lumineuse dans des tubes à essai, soit en quartz, soit en verre de 15^{mm} de diamètre, et d'une épaisseur de 1^{mm} environ, suffisante pour arrêter dans les tubes de verre les radiations inférieures à 3022 unités Angström (Mlle Cernovodeanu et V. Henri).

Après le temps d'exposition désiré, les solutions diastasiques étaient mises en con-

(1) *Phil. trans. of the R. Society*, 1897, p. 167.
(2) *Zeitsch. für allgem. Physiol.*, t. IV, 1904, p. 1 à 43.
(3) *Comptes rendus*, t. 149, p. 365, et t. 151, p. 724.
(4) *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. LXVIII, p. 373, et t. LXIX, 1910, p. 227.

tact avec les substances qu'elles sont susceptibles d'attaquer. Des dosages appropriés permettaient de se rendre compte de leurs activités réciproques. *Si l'on représente l'activité de la solution diastasique exposée dans un tube de verre par le chiffre* 100, *les nombres du Tableau suivant expriment l'activité de la même solution exposée à côté et le même temps dans un tube de quartz :*

	Durée d'exposition, en heures.	Activité.
Sucrase (macération de levure)	3	19
Amylase du malt (diastase commerciale en solution, 1 pour 100)	1,5	40
	3	20
Amylase pancréatique (pancréatine Macquaire) : 2 pour 100	2	98
	5	97
Amylase pancréatique (pancréatine Macquaire) : 0,5 pour 100	3	98
	8	50
Émulsine (E. Merck, en solution, 1 pour 100)	2	85
	6	57
Pepsine (commerciale) 1 pour 100	3	75
Pepsine (commerciale) 2 pour 100	3,5	92
Présure ; solution comm. étendue de 3 parties d'eau	2	77
	4	65
	6	65
Présure : 2 pastilles Hansen pour 100^{cm^3}	0,5	100
	2	53
	4	<10
Catalase (de panne de porc)	1	83
	3	39
	6,5	8

L'examen des chiffres du Tableau montre que *les huit préparations diastasiques étudiées sont toutes plus ou moins rapidement atténuées par les radiations que laisse passer le quartz et qu'arrête le verre*. Pour la diastase du malt, nous avons dans son action sur l'empois d'amidon une suite d'actions diastasiques; en suivant d'abord les digestions à l'iode et en prenant la viscosité des empois traités, je me suis rendu compte que l'amylopectinase, diastase liquéfiante, et les diastases productrices de dextrines étaient atténuées aussi bien que la diastase productrice de maltose au dosage duquel correspondent les chiffres du Tableau; de plus, la diastase ayant été exposée sous le quartz ne forme pas d'amidon rétrogradé. L'amylase pancréatique est difficilement attaquée; elle n'est pour ainsi dire pas touchée en solution à 2 pour 100; en diminuant la concentration, l'attaque se fait plus facilement; il en est de même pour la pepsine : il faut voir là l'influence protectrice d'une légère

coloration de la solution et aussi de la présence d'albumines qui sont opaques pour les rayons ultraviolets [Green et plus récemment Vallet (¹)]. La présure est aussi protégée par la coloration de ses solutions : une solution de présure commerciale jaune, même étendue, est attaquée à activité égale moins rapidement qu'une solution incolore de pastilles de Hansen.

Dans le cas de l'émulsine (émulsine Merck en solution 1 pour 100), un phénomène particulier s'est produit; après un temps très court d'exposition, le liquide du tube de quartz se trouble et précipite de légers flocons; toute la diastase encore active reste dans la solution. Pour la pepsine la présence de HCl, libre pendant l'exposition, ne paraît pas hâter sa destruction.

La lumière visible a-t-elle une activité? Des tubes entourés de clinquant étaient placés à côté des autres pendant leur exposition. On comparait ensuite leur activité avec les tubes de verre. Pour l'amylase du malt, la pepsine et la présure, l'action des rayons traversant le verre semble nulle; le contenu des tubes entourés de clinquant n'est pas sensiblement plus actif que celui des tubes de verre; pour l'émulsine, la perte d'activité dans le tube de verre après 2 heures d'exposition est de 4,2 pour 100, alors qu'elle est déjà de 17 pour 100 dans le tube de quartz; c'est pour la catalase que la perte est la plus importante : après 5 heures et demie d'exposition, le contenu du tube de verre est trois fois moins actif. On voit donc que l'*activité des rayons traversant le verre n'est pas générale; lorsqu'elle existe, elle est infiniment moins importante que celle des rayons ultraviolets.*

La *laccase* et la *tyrosinase* de l'extrait glycériné de Russule sont très lentement attaquées par les rayons ultraviolets lorsque l'extrait est exposé non étendu d'eau (la glycérine est moins perméable que l'eau et la solution est colorée); après 6 heures d'exposition, on commence seulement à voir une légère différence en faveur du contenu du tube de verre en faisant agir la solution glycérinée sur le gaïacol à 1 pour 100; on ne voit aucune différence dans son action sur une solution de tyrosine saturée. Au contraire, dans une solution de cet extrait glycériné étendu de 4^{vol} d'eau, la laccase et la tyrosinase sont notablement atténuées par une exposition de 3 heures dans un tube de quartz.

La *peroxydiastase* du malt est aussi rapidement attaquée dans les mêmes conditions.

En résumé, les dix diastases étudiées sont toutes atteintes par l'action des

(¹) *Comptes rendus*, t. 150, p. 632.

radiations ultraviolettes. Les rayons *abiotiques* ne se contentent pas de détruire rapidement les microorganismes, ils n'épargnent pas les produits actifs de la cellule, toxines ou diastases, pourvu que ces produits se trouvent dans un milieu perméable à ces radiations. Sur les diastases, la partie du spectre de longueur d'onde supérieure à 3022 unités Angström est presque inactive.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La reproduction sonore d'une courbe périodique.* Note [1] de M. **Samuel Lifchitz**, présentée par M. A. Dastre.

Terquem a traité autrefois le problème suivant : *Quel sera en réalité le mouvement vibratoire, produit par des ébranlements dirigés dans un seul sens, si la fonction de ces ébranlements est* $F(t)$?

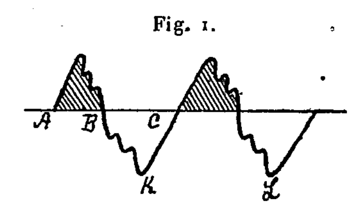
Il a examiné en détail le cas où $F(t)$ représente une sinusoïde. Nous avons étendu son raisonnement au cas plus général où $F(t)$ est une fonction périodique quelconque de la forme

$$F(t) = N + \sum_1^k \left[\beta_m \cos\left(2\pi \frac{mt}{T} + \varphi_m\right)\right].$$

Quand $k = \infty$ cette fonction embrasse tous les cas possibles.

Supposons que nous ayons pratiqué des trous, définis par l'axe des abscisses et que la courbe soit tracée dans une surface qui se déplace au-devant d'une fente par laquelle s'échappe de l'air (*fig.* 1).

Fig. 1.



On obtiendra un mouvement sonore. Celui-ci s'expliquera de la façon suivante :

Soit

$$F(t) - A_0 = \sum_1^\infty \left[\alpha_m \cos 2\pi \frac{m(T + p_m)}{T}\right],$$

(1) Présentée dans la séance du 6 février 1911.

où

$$A_0 = \frac{1}{T}\int_{\varepsilon}^{\varepsilon+T} F(t)\,dt.$$

Plaçons l'origine des coordonnées au point A,

$$AB = \omega, \qquad AC = RL = T.$$

Alors

$$F(t) = N + \sum_1^k \left[\beta_m \cos\left(2\pi\frac{mt}{T} + \varphi_m\right)\right] \qquad \text{de } t = 0 \text{ jusqu'à } t = \omega$$

et

$$F(t) = 0, \qquad \text{de } t = \omega \text{ jusqu'à } t = T.$$

Ainsi

$$A_0 = \frac{1}{T}\int_0^T F(t)\,dt = \frac{1}{T}\int_0^\omega F(t)\,dt$$

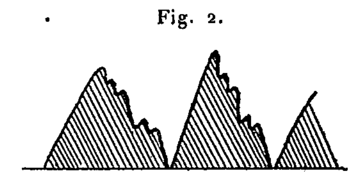
$$= \frac{1}{T}\int_0^\omega \left\{N + \sum_1^k \left[\beta_m \cos\left(2\pi\frac{mt}{T} + \varphi_m\right)\right]\right\}$$

$$= \frac{N\omega}{T} + \sum_1^k \left\{\frac{\beta_m}{2\pi m}\left[\sin\left(2\pi\frac{m\omega}{T} + \varphi_m\right) - \sin\varphi_m\right]\right\}.$$

En général A_0 est distinct de N. Le mouvement vibratoire reproduit en réalité sera toujours distinct de celui représenté par la courbe $F(t)$.

Dans un cas seulement A_0 présente une forme plus simple : c'est précisément quand $\omega = T$, c'est-à-dire quand les trous sont égaux à la surface entière de notre courbe (*fig.* 2). Dans ce cas, $A_0 = N$. En effet, le mouvement

Fig. 2.



sonore, reproduit en réalité, sera représenté par notre courbe, rapportée à l'axe de symétrie de toutes les sinusoïdes dans lesquelles se décompose $F(t)$, et qui divise la courbe en deux parties égales. C'est ce que nous appellerons la *reproduction sonore exacte d'une courbe périodique donnée*.

Pour reproduire expérimentalement une courbe périodique, il est indispensable de réaliser les conditions suivantes : la fente d'air doit être aussi

étroite que possible; sa partie ouverte doit correspondre exactement à la grandeur de l'ordonnée de la courbe; la pression d'air doit être constante et en même temps indépendante de l'ouverture de la fente.

Nous avons tâché de réaliser ces conditions de la façon suivante :

Les trous, limités par la courbe et par l'axe des abscisses, se découpent, mécaniquement ou chimiquement, dans une pellicule mince et flexible. Quand elle est en mouvement, cette pellicule s'applique étroitement sur les bords de la fente. De cette façon, si la pression d'air ne dépasse pas la limite de tension de la pellicule, l'ouverture reste égale à l'ordonnée de la courbe.

Par ce procédé nous avons reproduit les oscillations complexes de la parole et du chant humains. Nous avons fait tous nos efforts pour obtenir une image de la voix, aussi parfaite que possible, en atténuant les oscillations propres produites par l'appareil inscripteur (une membrane avec un miroir).

Par cette reproduction, la parole humaine devient suffisamment compréhensible et toutes les voyelles et les consonnes se transmettent assez nettement.

La courbe de la parole et du chant humains est en général une courbe symétrique; l'axe de symétrie la divise en deux parties égales et symétriques. Nous avons reproduit la parole avec des trous égaux à la surface entière et des trous égaux à la surface par l'axe des abscisses. Et nous n'avons remarqué de différence de transmission du son que dans le cas où l'axe qui coupe les abscisses commence à traverser les limites de l'axe de symétrie; c'est-à-dire que l'oreille perçoit le phénomène d'une façon plus simple qu'elle ne le fait pour les résultats qu'on déduit de la série de Fourier.

On peut utiliser ce cas pour faire chimiquement des trous dans le film. En photographiant la parole avec une fente lumineuse, et un écran placé d'un côté de l'axe des abscisses, nous obtiendrons un négatif avec des taches sombres, qui sont limitées par l'axe des abscisses et par la courbe. Une pellicule mince enduite de gélatine bichromatée sert de positif.

Après l'impression de la lumière, le positif est traité par l'eau chaude et par les réactifs chimiques.

Conclusions. — 1. Étant donnée une courbe périodique quelconque, nous pouvons imaginer sa reproduction sonore. Nous pouvons la réaliser par des ébranlements produits dans un seul sens.

2. Dans le cas de surfaces incomplètes d'une courbe sonore symétrique, l'oreille reçoit les phénomènes plus simplement que ceux déduits de la série de Fourier.

3. Par ce procédé nous pouvons réaliser l'inscription phonographique de la parole extrêmement sensible et nous pouvons reproduire cette inscription avec une force presque infinie, si nous employons un porte-voix.

4. Nous pouvons obtenir à la fois et les reproduire simultanément les photographies du son et du mouvement.

ENTOMOLOGIE. — *Production expérimentale de Lépidoptères acéphales.* Note de MM. **A. Conte** et **C. Vaney**, présentée par M. Edmond Perrier.

Nous nous sommes proposé de rechercher si l'intégrité de l'individu, d'une part, les centres nerveux céphaliques, d'autre part, sont, chez les Lépidoptères, des éléments indispensables aux métamorphoses.

A cet effet des chenilles arrivées à leur taille maxima sont ligaturées fortement au point de jonction de la tête avec le thorax. Deux jours après, la région céphalique étant complètement desséchée, nous l'enlevons d'un coup de ciseau en avant de la ligature. Nous obtenons ainsi des chenilles acéphales qui ne subissent d'autre trouble consécutif à la décapitation qu'un ralentissement dans la locomotion.

Nous avons expérimenté jusqu'à ce jour sur trois espèces : *Bombyx mori* Linn., *Chelonia Caja* Linn. et *Lymantria dispar* Linn.

La mortalité des individus acéphales, à l'état larvaire, est en général assez faible. La chrysalidation a lieu, chez *L. dispar*, peu de jours après l'ablation de la tête. Chez les deux autres espèces, il en est de même, mais à la condition que les chenilles soient déjà arrivées à complète maturité et qu'elles aient, sans doute, toutes leurs réserves formées. C'est pour cette raison que des chenilles acéphales de *Ch. Caja*, qui par leur apparence externe semblaient être proches de la période de nymphose, sont restées trois semaines sans chrysalider et moururent d'inanition en subissant une perte de poids progressive. Il n'en est pas de même avec *L. dispar*, où le début de la chrysalidation est susceptible d'une certaine variation.

La mortalité devient énorme à la suite de la mue chrysalidaire. Elle résulte des difficultés qu'éprouve l'insecte à se dégager de son enveloppe larvaire; par suite de la ligature, celle-ci est en effet étroitement unie, dans

la région antérieure, à l'enveloppe chrysalidaire. Il y a là, en outre, un point de faible résistance résultant de la discontinuité des enveloppes. Sous les efforts que fait la chrysalide pour se dégager, il y a rupture et épanchement de sang à l'extérieur; de telles chrysalides sont irrémédiablement perdues; c'est ce qui a lieu pour le plus grand nombre. Quelques-unes cependant restent intactes, dans chacune des espèces étudiées. Ces chrysalides sont dépourvues de tête; un faible bourrelet de cicatrisation indique la place du cou. Elles sont toutes bien vivantes et, lorsqu'on les excite, elles ont des mouvements brusques de latéralité et de télescopage. Toutes cependant n'évoluent pas jusqu'à la forme adulte.

Avec le *Bombyx mori*, on obtient assez facilement des chrysalides, mais aucune ne nous a donné de papillon; toutes sont mortes dans un délai moyen d'une semaine. A la dissection, elle nous ont montré une nymphose avancée, des glandes sérigènes presque complètement résorbées, un tissu adipeux abondant, mais une hystogenèse réduite.

Avec *Chelonia baja*, nous avons eu quelques chrysalides, mais beaucoup de chenilles sont mortes d'inanition; nous n'avons jamais obtenu d'adultes.

Avec *Lymantria dispar*, nous sommes arrivés au stade de papillon parfaitement vivant. Il fut toutefois nécessaire d'opérer artificiellement la mue imaginale, en dépouillant l'insecte de son enveloppe chrysalidaire.

Le papillon acéphale de *L. dispar* ne diffère du type normal que par l'absence de tête. Sur la région antérieure, on voit deux empreintes correspondant aux sclérites cervicaux. Nous n'observons pas de néoformations comme celles qu'a décrites Hirschler chez des chrysalides décapitées appartenant à des espèces ayant une période nymphale de longue durée. Les ailes ont leur développement et leur aspect normal; le corps est couvert de l'abondante villosité blanc grisâtre de cette espèce. La dissection ne révèle rien de particulier. L'ovaire est constitué de tubes ovariques remplis d'œufs tous très petits et incomplètement développés; nous n'y trouvons que deux œufs ayant la taille normale et pourvus de leurs coques.

Malgré un très faible rendement, que des améliorations dans le mode opératoire permettront certainement d'accroître, ces expériences montrent que des chenilles privées de leur tête peuvent évoluer jusqu'à la forme d'adultes acéphales. On peut en conclure que l'intégrité de l'individu n'est pas indispensable à sa nymphose. Nous avons même pu, dans quelques cas, voir, après avoir ligaturé des chenilles par le milieu du corps, un des deux tronçons ainsi déterminés se transformer en hémi-chrysalide, qui d'ailleurs ne vécut que peu de temps.

Les centres nerveux céphaliques n'ont également aucun rôle : les tissus imaginaux évoluent et s'organisent en dehors d'eux et donnent les portions d'appareils en rapport avec leur place dans la topographie générale de l'Insecte.

ENTOMOLOGIE. — *Études biologiques sur les Glossines du moyen Dahomey.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Pendant un séjour de 14 mois au terminus de la voie ferrée du rail dahoméen, j'ai repris sur les espèces locales de Glossines : *palpalis*, *tachinoïdes*, *longipalpis*, les observations et les expériences que j'avais antérieurement poursuivies au Congo sur la seule *palpalis*.

I. *Habitat.* — *G. palpalis* offre au Dahomey, comme partout où je l'ai observée, les mêmes conditions d'habitat qu'au Congo; la végétation où on la rencontre est cependant moins dense, en général, qu'en pays équatorial. C'est ainsi qu'elle affectionne les palmeraies incultes des bords des ruisseaux où le couvert n'est pas très épais. Nulle part on ne la rencontre dans les zones découvertes, sauf en période de migrations, ou lorsqu'elle est entraînée hors de ses gîtes pour une cause quelconque.

G. tachinoïdes est une espèce transitoire qui, venant du Nord, n'apparaît en abondance sur les rives des grands cours d'eau que de mai à août, au moment des fortes pluies et des changements importants dans le régime des fleuves. Elle offre le même habitat que la *palpalis*, mais recherche davantage les zones boisées peu couvertes. On ne la rencontre pas dans les palmeraies, le long des petits cours d'eau.

G. longipalpis se cantonne également au voisinage des fleuves ou des grandes rivières; la *séparation* des sexes est extrêmement marquée dans ses gîtes. Les mâles se rencontrent uniquement dans les broussailles touffues qui limitent en arrière du cours d'eau la bordure forestière. Les femelles recherchent les clairières découvertes à Acacias et Mimosées. Abondante en saison pluvieuse, la mouche semble disparaître presque complètement en période sèche, surtout à la suite des incendies de brousse. C'est, des trois espèces, celle dont l'habitat est le plus circonscrit et qui se mêle le moins aux autres.

Migrations. — Les trois espèces sont sujettes à des migrations au moment des fortes pluies et des changements importants dans le régime hydrogra-

phique d'une contrée. A l'époque où l'air est le plus saturé d'humidité, elles se répandent davantage hors de leurs gîtes et l'on peut les capturer isolément dans des zones de savanes, loin de tout cours d'eau. La période du vent desséchant de N.E (harmattan) leur est nettement défavorable et se fait sentir même sur la *palpalis* qui devient plus rare dans les gîtes.

Nutrition. — Les trois espèces vivent principalement aux dépens des Mammifères sauvages et accompagnent dans leurs déplacements les grands animaux. *G. longipalpis*, surtout, jalonne particulièrement les sentiers fraîchement frayés par les Hippopotames et les Éléphants.

Reproduction. — L'ardeur des mâles est très différente chez les *longipalpis* de ce qu'elle est dans les deux autres espèces. Jamais je n'ai constaté d'accouplements dans les cages pour cette espèce, alors qu'ils sont constants et suivent immédiatement l'éclosion, pour *palpalis* et *tachinoïdes*. Je n'ai point observé de cas de parthénogénèse. Une *palpalis* ♀, née au laboratoire, a vécu pendant 4 mois sans être fécondée. Elle n'a donné naissance à aucune larve et n'a pas expulsé d'œufs. A la dissection, l'utérus était vide, les deux ovaires distendus chacun par un œuf mûr en état de *rétention*, et dans la cavité générale, j'ai retrouvé les chorions vides de 5 œufs dont le vitellus avait été résorbé. On voit donc que la rétention des œufs dans l'ovaire chez les femelles vierges est limitée par la croissance continue des ovules successifs qui chassent dans la cavité générale, sans doute par effraction, hors des voies génitales, les ovules plus anciens et prennent leur place.

La reproduction, au moins chez *palpalis*, est continue toute l'année. L'intervalle entre les pontes est à 25° C. de 9 jours, à 22°-23° C. de 11 jours en moyenne. Pour *tachinoïdes* à 25° C., l'intervalle normal est de 8 jours, pour *longipalpis* de 10 jours.

La durée de la nymphose chez *palpalis* peut varier de 25 à 35 jours, à une moyenne thermique de 28° ou 30° C. Elle s'est montrée plus irrégulière qu'au Congo par suite des variations de la température. A 22°-23° C. elle peut durer de 37 à 40 jours. On observe très rarement des cas d'éclosion tardifs après plusieurs mois. Aucune influence sur le déterminisme sexuel n'a été notée. L'éclosion a lieu toute l'année, même en période froide (minima de 12° C.). On ne saurait donc admettre avec certains auteurs, pour expliquer la diminution des mouches en saison sèche, un état de vie latente nymphale pendant cette période.

La durée observée pour la nymphose de *tachinoïdes* a été de 28 à 35 jours; pour *longipalpis*, de 26 à 35 jours à 24°-25° C. de moyenne.

Essai d'hybridation des trois espèces. — Les nombreux essais de croisements tentés entre ♂ et ♀ des trois espèces sont constamment demeurés négatifs, même entre *tachinoïdes* et *palpalis*. Les ♂ reconnaissent immédiatement les ♀ de leur propre espèce. On peut conclure à une fixité absolue dans la nature, sans hybridation possible, de ces trois types spécifiques bien réels.

Influence des facteurs physiques sur la production. — La sensibilité des Glossines aux facteurs physiques extérieurs peut s'apprécier : 1° par l'étude indirecte des variations du développement et de la virulence des trypanosomes suivant les conditions auxquelles sont soumises les mouches; 2° par celle des variations dans la marche régulière des pontes.

J'ai consacré une Note antérieure [1] à la première; j'envisagerai ici la seconde :

A. *Température de* 35°-37° C. — Des Glossines, en cours régulier de pontes à 25° C., sont soumises à 35°-37° C. à l'étuve pendant 10 heures tous les jours.

Les *palpalis* effectuent une ponte en 8 jours, puis durent un temps variable jusqu'à 27 jours sans nouvelles pontes.

Les *tachinoïdes* effectuent plusieurs pontes variant de 6 à 13 jours et résistent jusqu'à 45 jours.

Les *longipalpis* ne font qu'une ponte entre 6 et 8 jours, et ne résistent pas plus de 17 jours.

B. *Air saturé.* — Soumises à l'action de l'air saturé, les Glossines des trois espèces pondent d'une façon très irrégulière (intervalles variant de 11 à 14 jours); parfois suspendent leur ponte. Les *palpalis* et *tachinoïdes* peuvent résister jusqu'à 35 jours; les *longipalpis* meurent plus rapidement.

C. *Air sec* (à 6 pastilles de K^2O). — Son action est différente pour les trois espèces.

Les *palpalis* donnent des séries très régulières de pontes en 9 à 11 jours, et durent jusqu'à 40 jours.

Les *tachinoïdes* résistent plus d'un mois, mais donnent des pontes très irrégulières avec avortements (2 pontes par mois).

Les *longipalpis* meurent en quelques jours sans ponte normale.

Ces expériences montrent que, des trois espèces, c'est *longipalpis* qui s'accommode le moins de variations dans les conditions physiques. Au point de vue thermique, c'est *tachinoïdes*, espèce soudanienne, qui présente les plus grandes résistances, mais elle est plus sensible à la sécheresse que *palpalis*. Cette dernière espèce, enfin, présente *au Dahomey* une résistance à la température de 35° C., *infiniment plus grande* qu'au Congo, *en rapport avec un*

(1) *Comptes rendus*, 24 octobre 1910.

régime climatérique plus extrême. Il apparaît donc que la *palpalis* du Dahomey moyen représente biologiquement une *race* différente de celle des régions équatoriales; elle est adaptée à des conditions physiques qui ne sont plus absolument les mêmes. Des Glossines nées depuis deux générations au laboratoire à 22°-25° C. de moyenne thermique, ont montré une résistance beaucoup moindre (max. 14 jours) à la température diurne de 35°-37° C. On voit donc que l'adaptation des générations à une basse température est rapide et l'on conçoit ainsi la formation de *races géographiques* dans l'organisme desquelles les virus pourront se comporter de manières diverses.

Influence de la nutrition sur la reproduction. — J'ai repris avec *palpalis* les expériences effectuées par Kleine ([1]) sur l'influence d'une nutrition sanguine appropriée sur la gestation des Glossines. Les mouches nourries au sang d'oiseau ont montré des pontes normales et régulières. Celles nourries sur animaux à sang froid (varans, tortues) se sont montrées très rapidement incapables de ponte. Par alimentation mixte sur varan et sur mammifère, la ponte est maintenue, mais plus ou moins ralentie. On ne saurait donc incriminer les grands reptiles comme hôtes normaux des Glossines.

Influence de la température et de l'humidité sur les pupes. — Les pupes des trois espèces, chauffées à 35° C. pendant 10 heures le jour, peuvent résister si la température n'agit que pendant quelques jours. Elles meurent toutes si l'on répète l'action tous les jours pendant un mois.

Des pupes de *tachinoïdes* et *palpalis* portées à 43°C. pendant 3 heures seulement n'éclosent pas : sur 20 pupes aucune éclosion.

Les pupes de *palpalis* soumises à une moyenne de 30° C. au laboratoire sont mortes dans la proportion de 40 pour 100. Des anomalies de la nervation sont fréquentes chez les mouches nées à cette température.

Des pupes de *palpalis* et *tachinoïdes* soumises à l'immersion dans l'eau pendant 20 heures ont résisté. Elles peuvent donc tolérer des pluies violentes et des inondations temporaires.

ZOOLOGIE. — *Sur les* Ellobiopsis *des Crevettes bathypélagiques.* Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une précédente Note j'ai fait allusion à la présence sur divers Eucyphotes bathypélagiques de parasites (ou de commensaux) rappelant

([1]) *Deutsche med. Woch.*, 11 nov. 1909.

l'*Ellobiopsis Chattoni* Caullery, de *Calanus Helgolandicus*. L'examen de plus de 250 spécimens provenant des collections de S. A. S. le Prince de Monaco m'a fait voir qu'il s'agissait d'êtres relativement communs et variés de formes, présents au moins sur les Hoplophoridæ, les Pasiphæidæ, qui se rencontreront presque sûrement sur les Sergestidæ, et qu'il conviendra de rechercher systématiquement dans tous les groupes de Crustacés comportant des espèces pélagiques. Il ne sera question dans cette Note que des formes présentes sur les Hoplophoridæ, auxquelles je conserverai, provisoirement, le nom générique d'*Ellobiopsis* donné par Caullery.

Sur 150 spécimens de *Systellapsis debilis*, 2 seulement en possèdent, ils portent en même temps un grand nombre de Vorticelles, appartenant à deux espèces, fixées de même sur les épines du bord libre des pièces buccales. Un seul spécimen de l'*Acanthephyra pulchra* (sur 50 environ) en possède. En revanche, sur 115 *Ac. purpurea*, 15 sont porteurs d'*Ellobiopsis*, depuis quelques-uns jusqu'à une centaine. Bien qu'on puisse y distinguer cinq formes de valeur probablement spécifique, je les désignerai sous le nom commun d'*E. caridarum*. Je nommerai α la forme la plus fréquente, ovoïde ou allongée, dépourvue de pédicule; β une forme très renflée, à long pédicule naissant d'une large base circulaire; γ une forme légèrement conique, plus élargie à la base d'insertion, dont la cuticule porte des soies molles; ε une forme à longs articles cylindriques successifs; enfin, η une forme à courts articles sphériques. Les quatre dernières se sont rencontrées uniquement sur un spécimen d'*Ac. purpurea* en mue, encore y sont-elles très rares. La forme α, au contraire, abonde sur toutes les pièces buccales, dont la mue ne s'est pas effectuée; les *Ellobiopsis* sont fixés sur l'ancienne cuticule, d'ordinaire sur un poil ou une épine; ils adhèrent par leur base légèrement élargie, épaissie en bourrelet, et sont probablement de simples commensaux, encore que leur présence paraisse avoir influé sur la mue de l'hôte.

On n'en rencontre jamais en dehors des pièces buccales, qui peuvent être rangées ainsi par ordre de fréquence :

Les articles distaux des deuxièmes maxillipèdes, les lacinies des maxillules, des maxilles, le labre, les palpes mandibulaires, les troisièmes maxillipèdes.

La région buccale peut les attirer activement en raison des débris alimentaires qui y macèrent, ou passivement, en raison des courants d'eau que déterminent et canalisent la progression de l'animal, les plans antennaires, les vibrations du scaphognathite.

Les formes les plus petites mesurent de 40^{μ} à 50^{μ} et rappellent beaucoup les *Gymnodinium* décrits par Pouchet sur la queue des Appendiculaires.

Mais elles renferment toujours deux masses nucléaires, très semblables par leur chromophilie intense, dont l'une mesure 6$^{\mu}$ de diamètre, l'autre 1$^{\mu}$,5 à 2$^{\mu}$, et l'on peut observer de nombreux cas de mitose, portant sur l'une ou l'autre masse, surtout sur la plus grande. On trouve ainsi des spécimens de plus en plus grands, arrivant à mesurer 200$^{\mu}$ à 300$^{\mu}$ de longueur, ovoïdes, remplis de corps distincts ayant la valeur des spores, et dont chacun possède le système des deux masses nucléaires (noyau et blépharoplaste?). Sur l'un des *Ellobiopsis* on peut voir une de ces spores (30$^{\mu}$ à 40$^{\mu}$ de long, sur 15$^{\mu}$ à 20$^{\mu}$ de large) sortir par le pôle apical de l'ovoïde; ailleurs, on peut en compter quelques-unes seulement dans la coque vide, les autres s'étant sans doute échappées, mais jamais je n'ai réussi à voir de flagelle. Je crois d'autre part avoir vu de ces spores venant de se fixer sur une épine et encore dépourvues de coque. Le ou les flagelles pourraient ne pas exister sur ces spores en l'absence de toute période de vie libre.

A côté des *Ellobiopsis* évoluant ainsi s'en trouvent beaucoup d'autres, les plus volumineux, mesurant jusqu'à 1^{mm} de grand axe, où les spores paraissent se former bien plus tardivement. Le contenu protoplasmique de l'épaisse membrane du commensal se montre parsemé des très nombreux systèmes binaires de corps nucléaires, dont beaucoup occupent une vacuole à limites indécises. En outre, ce contenu est piqueté d'innombrables *chromidies*, répondant évidemment à celles que Caullery a décrites et figurées chez l'*E. Chattoni*. Il m'a semblé que les corps nucléaires résultaient de leur condensation, mais je n'ai pas vu d'images assez décisives pour l'affirmer.

La majorité de ces *Ellobiopsis* sont réduits à leur coque vide ou possèdent simplement une couche mince de protoplasme très vacuolaire avec des chromidies. Quelques-uns possèdent toutefois, vers le tiers inférieur, et latéralement, un corps très chromophile entouré d'une membrane à double contour adhérente à la coque, et qui est surtout volumineux sur les exemplaires très petits (80$^{\mu}$ à 100$^{\mu}$). Il fait penser à un noyau de reliquat, destiné à une nouvelle sporulation, mais c'est une hypothèse que je n'ai pu encore ni vérifier ni infirmer.

Je dois enfin mentionner la forme la plus curieuse, comportant une cinquantaine de corps cylindriques, longs de 4^{mm} au plus, divisés en articles (2 à 8) et fixés en verticilles serrés sur une hampe courte. Cette hampe pénètre à travers la paroi abdominale de l'hôte, qui est ici *Pasiphœa tarda* Kröyer, et se termine en pointe obtuse dans le tissu conjonctif sous-jacent à la chaîne nerveuse. Je propose, pour cette forme dont le parasitisme est réel, le nom d'*E. racemosus*.

PARASITOLOGIE. — *Mycose cladosporienne de l'Homme.*
Note de M. **Fernand Guéguen**, présentée par M. Guignard.

On ne connaissait jusqu'à présent aucun Champignon du genre *Cladosporium* comme parasite de l'espèce humaine; à ce genre de Dématiées appartient une Mucédinée [1] qui produit une affection mycotique nouvelle observée à Madagascar.

La maladie dont il s'agit a été observée chez un Malgache de 28 ans. Elle consiste en lésions ulcéreuses de la jambe, nettement consécutives, au dire du malade, à un bain pris dans un ruisseau. Après une fausse guérison de quelques mois, une récidive de l'ulcération primitive se produisit sous l'influence de marches forcées, donnant alors naissance à des nodosités confluentes, puis à des tumeurs ulcéreuses, qui laissèrent suinter un liquide séro-purulent à odeur fétide et envahirent le membre inférieur droit depuis le pied jusqu'à la cuisse. Des ponctions aseptiques de tumeurs non encore ulcérées fournirent un liquide noirâtre sanguinolent, dont l'inoculation à la gélose de Sabouraud donna constamment, au bout d'une dizaine de jours, des cultures pures du Champignon que nous décrirons plus loin. Les frottis de pus, colorés au Giemsa, montrent au milieu de nombreuses hématies et de quelques gros polynucléaires des masses ovoïdes ou en grain d'avoine, d'environ 3^{μ} à 4^{μ} de long, le plus souvent isolées, parfois géminées par un fin tractus, et colorées par le réactif en violet intense. L'examen histologique d'un fragment de tumeur cutanée témoigne d'une hypertrophie considérable du tissu conjonctif, transformé en une masse fibro-cartilagineuse avec quelques corps analogues à ceux existant dans le pus.

Le Champignon, une fois adapté à la vie saprophytique, se laisse cultiver facilement sur divers milieux usuels. Inoculé en stries, il donne sur presque tous un thalle brun chocolat, dont la surface pulvérulente, d'abord presque plane, ne tarde pas à se plisser en prenant un aspect cérébriforme. Sur la carotte, substratum éminemment favorable, on obtient aux points inoculés des mamelons coniques à surface plissée, faisant saillie de plus de 1^{cm} et formés d'une intrication serrée d'hyphes, dont les parties externes se couvrent de fructifications analogues à celles que nous allons décrire et qui, comme elles se résolvent en articles ovoïdes bruns.

Ensemencés en gouttes pendantes sur bouillon de carotte, ces articles

(1) Les matériaux qui nous ont servi à l'étude et à la détermination de ce Champignon nous ont été obligeamment adressés par notre correspondant et ami le Dr Fontoynont, directeur de l'École de Médecine de Tananarive.

germent à $+22°$ vers le 3e jour, fournissant un bourgeonnement oïdien abondant; l'aspect ramifié du jeune thalle rappelle alors celui d'un *Dematium*. Vers le 4e jour, quelques articles se dressent dans l'air et prennent l'aspect d'arbuscules formés d'éléments ovoïdes dont les dimensions décroissent progressivement de la base au sommet des rameaux; plus tard encore se constituent de véritables appareils conidiens, à pied allongé formé d'hyphes à cloisons distantes et dont l'aspect est celui d'un *Cladosporium* typique.

Dans les cultures cellulaires sur lamelles de carotte, les oïdies sont presque d'emblée remplacées par des filaments cylindriques flexueux, ramifiés, à cloisons espacées, sur lesquels les branches constituant le bouquet conidifère terminal tendent à se grouper en verticilles plus ou moins nets, les rameaux ultimes se résolvant en articles ovoïdes semblables aux oïdies, mais plus petits. La coalescence des phialides ou ramuscules conidifères est encore plus marquée dans les cultures en cellule conservées plusieurs mois : ici, à côté des fructifications franchement cladosporiennes, il en est qui, par leur aspect pseudo-verticillé, ainsi que par la longueur des chaînettes parfois composées de plus de 60 éléments, offrent l'aspect du *Cladosporium penicilloïdes*.

La variabilité de taille et de forme des éléments de ce Champignon ne permettent guère d'en préciser les dimensions. Voici quelques moyennes:

Oïdies des premiers filaments germants	5×4,	3×4,	10×3,	$8 \times 4^{\mu}$
Cellules des hyphes des cultures solides	2,5 à 3×15 à 25^{μ}			
Cellules conidiformes des longues chaînettes.	3×2,	4×2,	$3 \times 3,5$ à 4^{μ}	

Chez un cobaye, inoculé dans le péritoine avec 2^{cm^3} d'émulsion conidienne, la petite plaie s'est ulcérée le 9e jour, et l'animal a notablement maigri ; le 14e jour, début de cicatrisation suivie de guérison. Un autre cobaye, inoculé sous le derme plantaire, a eu seulement un peu d'enflure terminée par résolution le 15e jour. Une souris blanche, inoculée à la base de la queue, manifeste le 10e jour un fort prurit et de l'amaigrissement; puis apparaissent des ulcérations chancriformes des deux oreilles, dont l'une surtout se gaufre et s'hypertrophie en une masse brunâtre sillonnée que l'animal met à vif par grattage. D'autres ulcères apparus en divers points du corps amènent par cachexie la mort de la souris au bout d'un mois.

Cette affection sous-cutanée, produite par un *Cladosporium* (dont l'espèce la mieux connue, le *Cl. herbarum*, est la forme conidienne de la Sphériacée *Sphærella Tulasnei*), peut être considérée comme le type d'un nouveau groupe de mycoses qu'on pourrait nommer *Cladosporoses*. L'administration interne d'iodure de potassium, qui se montre si efficace dans le traitement de beaucoup de mycoses, n'a ici donné aucun résultat.

EMBRYOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'hétérotopie des bourrelets primitifs glosso-thyroïdiens*. Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. O.-M. Lannelongue.

Les pathologistes ne sont pas d'accord sur l'interprétation anatomique des kystes, tumeurs et fistules d'origine congénitale ou embryologique du cou. Les uns pensent à la persistance du canal de Bochdaleck, les autres à celle du tractus thyréoglosse de His, enfin les plus simplistes en expliquent la pathogénie par la non-coalescence des arcs des deux moitiés cervicales. En réalité, le problème ne se présente pas toujours sous une forme unique : il mérite d'être étudié à nouveau.

Voici un fait que nous avons étudié avec M. Serbource :

Un jeune homme de 19 ans présentait une tumeur sphérique sous-hyoïdienne, en même temps qu'une glossite chronique intense altérant la phonation, la respiration et la déglutition. L'ablation de cette tumeur permit d'en faire l'examen histologique; il s'agissait d'un tissu glandulaire analogue à celui de la thyroïde en voie de dégénérescence. La tumeur était pourvue d'un pédicule remontant vers le plancher buccal. A la base de la langue, le trou borgne était perméable et nous avons pu y introduire une sonde sur une longueur de 3^{cm} ou 4^{cm} environ. A la naissance de l'enfant, la peau de la région cervicale présentait l'aspect d'une *pelure d'oignon*. On croyait qu'elle allait percer d'un moment à l'autre. La face inférieure de la langue était épaisse et formait une tuméfaction à gauche.

Les trois théories pouvaient être appelées ici à l'aide pour en interpréter la genèse : 1° la persistance du canal de Bochdaleck, parce que la langue était infiltrée, épaissie dans sa base correspondant aux diverticules que cet auteur a décrits; 2° la persistance du *ductus* de His, puisque non seulement il existait une portion du conduit partant du trou borgne, mais aussi on constatait un pédicule, reliquat du tractus; 3° enfin, la non-coalescence des deux moitiés des arcs, vu que le nouveau-né montrait nettement dans la région cervicale une solution de continuité immédiatement sous la peau.

Mais voici un cas plus compliqué que le précédent et que nous avons observé à l'Hôtel-Dieu de Paris dans le service de M. Reclus.

Un homme de 34 ans, qui entrait à l'hôpital pour une cure radicale de varices d'après notre procédé (voir *Comptes rendus*, séance du 29 mai 1910), présentait une tumeur fistuleuse congénitale à 2^{cm} environ au-dessus de la clavicule gauche entre les deux chefs du muscle sterno-cléido-mastoïdien. L'examen de ce néoplasme après l'ablation nous montra qu'elle était formée par un tissu glandulaire atrophié ressemblant

au tissu de la thyroïde, au milieu duquel on trouvait un cartilage macroscopiquement et histologiquement comparable au cartilage thyroïde. A noter que les trois quarts des dents de ce patient étaient tombées en bas âge et que celles qui persistaient étaient ou cariées ou déchaussées et chancelantes.

On voit par ces deux exemples la difficulté de l'interprétation pathogénique des anomalies congénitales du cou. Les faits démontrés en Anatomie par His, Bochdaleck sont incontestables, mais en pathologie il est prudent d'être éclectique. Dans l'ensemble, on pourrait réfléchir à une nouvelle théorie qui ne sera pas démentie par les faits et que nous formulons ainsi : L'origine des tumeurs et fistules congénitales du cou est attribuable à la migration précoce des éléments anatomiques des quatre bourrelets primitifs dans un point plus ou moins excentrique de la zone bucco-cervicale. En un mot, c'est une application de la théorie *hétérotopique*. Elle permet de comprendre en premier lieu l'origine des tumeurs solides ; puis la formation d'un canal ou d'un tractus par la migration des éléments cellulaires ou conjonctifs ; enfin l'obstacle mis par la présence de ces derniers à la coalescence des deux moitiés cervicales.

Nous ajouterons, pour finir, que dans nos deux cas l'anomalie était nettement localisée à *gauche*, à l'exemple d'un grand nombre d'affections pathologiques congénitales. Dans le premier cas que nous avons observé avec M. Serbource, l'infection s'était propagée par la trompe d'Eustache jusque dans l'oreille gauche et l'audition était complètement abolie de ce côté. Il en résulte donc, en pratique, la nécessité de l'extirpation totale et aussi précoce que possible de ces processus pathologiques d'origine embryonnaire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la formation du détroit Sud-Rifain.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous avons vu, dans une précédente Note, comment le détroit Sud-Rifain, ouvert à l'époque miocène entre les chaînes déjà ébauchées du Rif et du Moyen-Atlas, mettait en communication l'océan Atlantique et la Méditerranée néogène à travers le Maroc.

J'ai montré ensuite comment, du côté de l'Algérie, à partir de l'Helvétien, il y avait eu transgression de la Méditerranée néogène vers Taza jusqu'au Miocène supérieur, tandis que, du côté atlantique, la même transgression s'est produite en sens inverse de l'Ouest à l'Est.

Le détroit se resserre entre la Mlouya et Fès, s'étalant à l'Est dans la moyenne et la basse Mlouya, complètement envahies par ses dépôts, à l'Ouest dans le R'arb et considérablement aussi dans la Meseta marocaine, du moins dans la zone littorale des Chaouïa.

Il est actuellement difficile d'affirmer que les argiles helvétiennes n'offrent pas de solution de continuité entre le bassin méditerranéen et le bassin atlantique parce que, si loin que j'aie pu les suivre, je n'ai pas encore franchi le seuil de Taza; mais cette continuité est très vraisemblable, les dépôts du Miocène moyen accusant un même faciès dans la Mlouya et du côté de Fès.

Il en résulterait que le détroit Sud-Rifain se serait ouvert au début du Miocène moyen pour se fermer avant l'époque pliocène.

Il est remarquable, en outre, de constater que ses dépôts témoignent d'abord d'une profondeur assez grande, tandis que, dès le Tortonien, ils prennent un faciès néritique qui s'accuse de plus en plus par des grès, puis par des poudingues et des sables, enfin, dans la région de Fès, par des calcaires subcoralligènes analogues aux calcaires blancs d'Oran.

On assiste ainsi à un comblement progressif en même temps, peut-être, qu'à un exhaussement du détroit qui, après avoir eu une profondeur notable, ne permettait sans doute, vers la fin du Miocène, que des échanges superficiels entre les deux mers; si j'en juge du moins par des lits gypseux avec traces de coquilles terrestres ou fluviatiles qui semblent résulter des dépôts de lagunes échelonnées sur l'emplacement du chenal, vers la fin de l'époque miocène, avant son émersion définitive. Mais je ferai quelques réserves sur ce point, mes observations méritant d'être plus étendues.

Quoi qu'il en soit, il est permis dès à présent de faire, au point de vue de la sédimentation du détroit Sud-Rifain, un rapprochement avec le détroit Nord-Bétique. Les intéressantes recherches de M. Robert Douvillé ont montré que le détroit andalou, après avoir déposé, tout au début du Miocène (Aquitanien), des marnes à Globigérines, à Radiolaires et Diatomées, a donné lieu à des formations néritiques, à des molasses grossières, à des calcaires à *Lithothamnium*, à des calcaires à *Orbitolina complanata* d'Orb., du Burdigalien transgressif sur l'Aquitanien; après quoi, le détroit Nord-Bétique était obstrué.

Si l'on examine en outre, au point de vue de leur âge, les communications néogènes qui ont mis en relation l'Atlantique et la Méditerranée, on est frappé de voir qu'il y a eu comme un balancement entre ces différents passages. *Le détroit Sud-Rifain s'est ouvert dès la fermeture du détroit Nord-Bétique, il était définitivement obstrué au moment où le détroit de Gibraltar s'est effondré.*

Il est indiscutable que le chenal de Gibraltar n'a plus l'importance des deux autres, lesquels établissaient, du moins à certaines époques, un échange beaucoup plus facile des eaux des deux mers.

Il est intéressant, en outre, de voir que le Sahélien, depuis Oran jusqu'à la côte occidentale du Maroc, offre partout des faciès de mers très peu profondes, représentés notamment par les calcaires sublittoraux du Sahel d'Oran, de la Tafna et du R'arb; tandis que, dans l'Est, ce terrain est argileux, affectant parfois le faciès à Pleurotomes dans la province d'Alger.

Il semble en résulter qu'à ce moment le chenal qui reliait l'Atlantique à la Méditerranée était très étendu, tandis que la partie profonde du bassin était considérablement réduite par rapport à ce qu'elle était, antérieurement, depuis le début de l'époque néogène.

Au point de vue tectonique, il est encore impossible de dire dans quelles conditions les eaux de l'océan Atlantique ont pu se diriger vers l'emplacement de Taza; mais, du côté algérien, il est possible d'expliquer, du moins dans les régions que j'ai parcourues entre Oujda et la moyenne Mlouya, l'empiètement des eaux de la Méditerranée néogène.

Les importants mouvements orogéniques qui, tout au début de l'Helvétien, ont produit dans la région littorale algéro marocaine, une nappe de calcaires liasiques poussée sur le Miocène inférieur, avec interposition fréquente d'une lame étirée de Trias gypseux, ont eu également leur contre-coup dans la chaîne des Beni-Snassen et, plus au Sud, dans les monts des Beni Bou Zeggou. C'est ainsi que cette partie du Nord-Africain offre trois zones tectoniques parallèles séparées par de grandes dépressions tertiaires : la première est fortement démantelée, en grande partie effondrée sous la mer; la deuxième forme une chaîne plissée à plis imbriqués; enfin la troisième constitue un vaste plateau d'architecture tabulaire sillonné de nombreuses failles longitudinales qui, notamment dans la vallée du Metroh, donnent lieu, par leur disposition en escaliers, à de véritables *fossés*.

La grande plaine d'Angad correspond à un affaissement de ce genre qui a été envahi par la mer miocène et a ainsi mis en communication la vaste dépression synclinale du bassin de la Tafna, en Algérie, avec la région de la Mlouya, comblée par les dépôts du Miocène moyen et supérieur.

De sorte qu'il est possible d'envisager la plaine d'Angad comme un vaste couloir synclinal effondré et postérieurement comblé par les dépôts miocènes; ce qui nous conduit à un rapprochement avec le détroit de Gibraltar. En effet, tandis que ce dernier a été produit par l'affaissement d'une aire d'ennoyage, des plis tertiaires de la chaîne continue Rif-Cordillère-Bétique, transversalement à ces plis, le couloir d'Angad s'est effondré longitudinalement par rapport aux plis contemporains de l'époque miocène.

Ces faits expliquent comment, dans la moyenne Mlouya, de petits massifs formés de dépôts déjà élevés dans la série jurassique sont, comme le

Dj. Bou Mâzouz, le Dj. Lessham, et probablement le Guelliz, en partie noyés dans les argiles et grès miocènes. Ce sont les témoins du voussoir effondré qui a été complètement immergé sous les eaux de la mer sahélienne (Miocène supérieur).

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Trias et du Crétacé autochtones sur le mont Voïdias au nord du Péloponèse.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans un travail précédent (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908), j'ai effleuré quelques points de la géologie du mont Voïdias. Depuis j'ai découvert dans la même région des couches triasiques et crétacées autochtones et j'ai pu séparer le soi-disant Flysch de base en deux formations, une plus ancienne que le Trias supérieur, et formée presque exclusivement de grès, et une autre néocrétacée, formée d'alternances de grès, de schistes, de calcaires en plaquettes versicolores et de jaspes noirs, blancs, roses ou gris; celle-ci repose sur la première avec lacune de tous les termes intermédiaires.

Ces deux formations sont, en effet, séparées par un conglomérat, dont les galets sont formés généralement de grès, mais aussi d'une couche conglomératique de grains de quartz caractéristique, que nous avons signalée au mont Ithôme, dans les horizons inférieurs aux couches à *Halobia styriaca* et *H. cassiana;* ici cette couche appartiendrait à l'infrastructure et non à la nappe comme au mont Ithôme. On observe le conglomérat de séparation des deux formations ci-dessus, sur le bord du sentier de Rhion à Averna, près de ce village, puis plus à l'Est entre Sella et Pititsa, toujours le long du sentier, recouvrant la formation de grès inférieur. Cette dernière est généralement fortement redressée et disloquée, avec direction plutôt Nord-Ouest. Un peu avant Pititsa, on rencontre la deuxième formation, à allure tranquille, recouvrant le conglomérat : elle est ici formée de grès finement lité et de bancs marneux, et est recouverte de fragments de calcaire en plaquettes avec jaspes noirs, débris d'une formation composée de ces éléments, et qu'on retrouve dans la dépression que suit le torrent, entre les deux villages.

En se dirigeant de Pititsa vers le village ruiné de Mouraes, on marche encore sur la formation inférieure de grès, fortement redressée, ayant ici une direction plus approchée du méridien, et l'on retrouve le même conglomérat que ci-dessus. Bientôt on tombe sur des calcaires en plaquettes bariolés, débutant par des calcaires avec jaspe noir, et l'on trouve, subordonnées à ces derniers calcaires, des brèches, avec débris de Rudistes très nets,

ce qui confirme l'âge crétacé de ces couches, âge que nous avions déduit autrefois d'autres considérations. Au col de Mouraes la série des calcaires crétacés, en plaquettes avec jaspes, forme une crête puissante qui se développe à l'Est au-dessus du couvent de Hagia Eleoussa. La direction semble au commencement se modeler sur la direction méridienne de l'infrastructure, mais elle ne tarde pas à prendre la direction Nord-Est des plissements crétacés en Grèce. Les couches calcaires passent d'ailleurs bientôt à un calcaire massif jaunâtre : ce calcaire est cristallin et souvent bréchoïde, et l'on reconnaît alors parmi les fragments de la brèche des oolithes identiques à celles observées par M. Ktenas et moi dans les calcaires gris intercalés dans les jaspes triasiques de l'Acrocorinthe (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 21 mars 1910). Or, on retrouve ici des jaspes formant des îlots noyés et discordants dans les calcaires en plaquettes, et reposant directement sur le grès inférieur, trahi par la présence à la surface de galets isolés du conglomérat quartzeux; je n'ai pas pu découvrir dans ces jaspes les bancs calcaires oolithiques, que l'érosion a pu faire disparaître, mais je n'hésite pas à admettre que les fragments oolithiques triasiques de la brèche crétacée proviennent de cette formation. Nous sommes donc ici, à l'est du Voïdias, en présence d'une série autochtone, composée de grès plus ancien que le Trias supérieur, et de Crétacé supérieur, discordant et transgressif sur les lambeaux jaspiques de Trias démantelé.

La même série autochtone apparaît à l'Ouest, le long des rives du Charadros. C'est ainsi que l'on observe, au-dessus de Bala, la formation de jaspes reposant encore sur le grès inférieur et recouverte en discordance par la brèche crétacée, avec débris de Rudistes, alternant avec des jaspes, blancs, gris et rouges. Sur ce point encore la série crétacée est transgressive et se développe au delà des jaspes sur les deux rives du Charados, directement sur le grès inférieur.

Quant à la nappe elle serait représentée ici par une formation de jaspes, probablement aussi triasique qui recouvre la formation crétacée à Hornstein noir, sur le sentier de Bala à la source de Hagios Nikolaos. A un endroit même les jaspes de la nappe paraissent recouvrir en discordance les jaspes autochtones surmontés de bancs calcaires : car les deux formations en contact présentent des inclinaisons différentes. Généralement les jaspes de la nappe sont aussi recouverts de blocs bréchoïdes, débris probablement de la formation crétacée qui devait accompagner ces jaspes. On retrouve encore la nappe à l'ouest du sommet Kalogero qui se dresse au-dessus de Averna; les jaspes de la nappe sont fragmentés au contact de la formation crétacée qu'ils recouvrent, et l'on retrouve au-dessus les mêmes blocs bré-

choïdes. Plus à l'Ouest d'ailleurs au-dessus de Kastritsi de nombreuses surfaces de discontinuité, recouvertes de fragments de jaspe rouge, recoupent les couches redressées de la formation crétacée, ce qui semble démontrer que la nappe les aurait couvertes et aurait été plus tard démantelée.

Dans notre Mémoire déjà cité nous avons signalé que la formation crétacée se retrouve sur les principaux sommets du nord du Péloponèse, et ainsi, par les sommets de Barbas et Ptéri, on arrive aux calcaires crétacés-éocènes de Chelmos et de Ziria, si bien que la transgression crétacée prendrait en Grèce comme partout une importance extrême.

Ces observations confirment en partie les présomptions de M. Philippson sur l'âge du calcaire d'Olonos qui, s'il n'arrive pas jusqu'à l'Éocène, s'en approche du moins beaucoup. C'est ainsi que sur le mont Chelmos on trouve au-dessus du calcaire sombre crétacé du Styx, les calcaires en plaquettes avec jaspes noirs, comme l'avait observé ce même savant. Ces calcaires sont à paralléliser avec ceux de Voïdas et des autres sommets, où ils sont qualifiés de calcaire Olonos.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par suite du décès de M. *J. Tannery*, présente, par l'organe de M. A. Gautier, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne. . . . . M. **Eugène Tisserand.**
En deuxième ligne . . . . M. **Landouzy.**
En troisième ligne, par ordre alphabétique. . MM. **D. André.**
Blondel.
A. de Gramont.
Paul Janet.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 FÉVRIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. J. Carpentier présente à l'Académie un *sphéromètre* différant du modèle classique par une intéressante modification que lui a apportée M. *Nugues*.

M. Nugues a été amené à concevoir cette modification par les considérations suivantes :

La principale difficulté que l'on rencontre dans l'application du sphéromètre à la mesure du rayon de courbure d'une surface optique sphérique est la détermination du rayon du cercle passant par les points de contact du trépied avec cette surface. La connaissance précise de ce rayon est pourtant nécessaire; car, si l'on appelle R le rayon de courbure de la surface, r le rayon en question et f la flèche de la calotte sphérique correspondante, c'est de la relation élémentaire connue

$$R = \frac{r^2}{2f} + \frac{f}{2},$$

entre ces trois quantités, dans laquelle r entre au carré, que l'on tire la valeur de R.

Or il est impossible de terminer les pieds de l'instrument par des pointes aiguës : celles-ci risqueraient de rayer les verres tendres et leur conservation, d'ailleurs, serait impossible. On opère avec des pointes mousses et dès lors l'indécision règne sur la valeur de r, celle-ci variant avec la courbure elle-même, dans le même sens pour les surfaces concaves, en sens contraire pour les surfaces convexes.

Pour arriver à connaître r assez exactement, on doit recourir à certains artifices expérimentaux, comme l'a indiqué jadis Ad. Martin; encore n'obtient-on de la sorte qu'une approximation incertaine.

Afin d'éviter ces détours et d'augmenter la certitude des résultats, M. Nugues a eu l'idée de terminer les pieds du sphéromètre, non plus par

de fines pointes mousses de forme vague, mais par des surfaces sphériques, par des boules de dimension notable et de rayon connu. Ce dispositif devait, dans sa pensée, se prêter à un calcul rigoureux.

Cependant, un examen attentif de la question lui montra bientôt qu'un sphéromètre ainsi constitué jouissait d'une propriété précieuse : celle de donner des nombres n'appelant aucune correction.

En effet, si l'on suppose la pointe de la vis micrométrique remplacée, elle aussi, par une boule de même rayon que les boules terminales des pieds, toute sphère sur laquelle repose le sphéromètre, par ses quatre points d'appui, est évidemment concentrique à une sphère idéale passant par les centres des quatre boules, et son rayon ne diffère du rayon de la sphère idéale que de la valeur du rayon des boules, en moins s'il s'agit d'une sphère convexe, en plus s'il s'agit d'une sphère concave.

Or, la sphère idéale passant constamment par les centres des trois boules terminales des pieds, la calotte de cette sphère, dont le sphéromètre donne la flèche, a une base *invariable*. Il suffit donc de connaître le rayon de cette base pour déduire rigoureusement de la formule le rayon de la sphère idéale elle-même en fonction de la flèche mesurée, et, par suite, la courbure de la surface optique considérée.

En opérant sur une surface de courbure parfaitement connue, il est facile de déterminer, une fois pour toutes, par voie inverse, le rayon r, constante instrumentale du sphéromètre.

Après avoir eu l'idée exposée ci-dessus et en avoir analysé la portée, M. Nugues songea à rechercher s'il n'avait pas été précédé dans cette voie par un devancier. Il est juste de dire qu'il est arrivé à découvrir une antériorité procédant du même principe. Il a existé un sphéromètre proposé par M. Andrew Ross, ayant pour base d'appui un anneau présentant une tranche de forme torique.

Bien que les deux dispositifs soient théoriquement équivalents, celui de M. Nugues a pratiquement le grand avantage de reposer sur l'emploi d'organes, des billes, infiniment faciles à confectionner avec une précision rigoureuse.

Pour réaliser son dispositif, M. Nugues a employé un moyen fort simple. Il a donné à son sphéromètre des pieds cylindriques creusés, chacun en son extrémité, d'une cavité conique parfaitement centrée. Dans chaque cavité est déposée une bille d'acier trempé de rayon connu, retenue au moyen d'un peu d'arcanson.

On trouve actuellement dans le commerce des billes d'acier d'une très grande perfection et rien n'est plus facile que d'appareiller un jeu de trois billes absolument identiques.

Le dispositif de M. Nugues, à côté de sa valeur scientifique, possède un avantage pratique appréciable : il se prête au changement facile des billes, en cas d'usure ou de matage accidentel. Il convient toutefois de remarquer que, dans les mains d'un opérateur soigneux, ce changement n'a besoin d'être fait que bien rarement. En effet, bien que le sphéromètre de M. Nugues ait déjà servi à des milliers de mesures, l'examen microscopique de la surface des billes n'y décèle encore aucune trace d'altération.

M. J. Carpentier montre, par un exemple, l'importance du perfectionnement imaginé par M. Nugues.

Au moyen du même sphéromètre, garni d'abord avec ses pieds à pointes, puis avec ses pieds à billes, détermination a été faite des rayons de courbure : 1° de la surface intérieure d'un flint ; 2° de l'outil correspondant. Ces deux rayons doivent, de toute évidence, différer infiniment peu l'un de l'autre. Les chiffres trouvés ont été les suivants :

	Garn. pointes.	Garn. billes.
Flint concave........................	$85^{mm},97$	$85^{mm},78$
Outil correspondant..................	$85^{mm},96$	$86^{mm},07$

La détermination directe, par les moyens optiques, du rayon du flint conduisait à un nombre compris entre $86^{mm},95$ et 86^{mm}.

M. J. Carpentier en terminant attire tout particulièrement l'attention de l'Académie sur l'intérêt historique présenté par l'instrument apporté en séance. Ce sphéromètre appartint jadis à Léon Foucault, qui en fit un long usage. Il avait été construit pour ce savant par Froment. Enfin l'aluminium qui en constitue le corps avait été fondu par H. Sainte-Claire Deville. Aussi n'est-ce point sans un profond respect qu'on y porte la main.

Devenu la propriété de M. Nugues, il est aujourd'hui couramment employé aux travaux de haute Optique auxquels cet artiste s'est consacré depuis quelques années.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *L'Astronomie, évolution des idées et des méthodes.*

A. **Zambaco Pacha**, par l'organe de M. *O.-M. Lannelongue*, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Les Eunuques d'aujourd'hui et ceux de jadis.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres, en remplacement de M. *J. Tannery* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 65,

M. Landouzy	obtient.......	23	suffrages
M. Eugène Tisserand	»	20	»
M. Blondel	»	9	»
M. Paul Janet	»	5	»
M. D. André	»	3	»
M. M. d'Ocagne	»	3	»
M. Chantemesse	»	1	suffrage
M. A. de Gramont	»	1	»

Aucun des candidats n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin.

Le nombre de votants étant 65,

M. E. Tisserand	obtient.......	31	suffrages
M. Landouzy	»	28	»
M. Blondel	»	5	»
M. Stanislas Meunier	»	1	suffrage

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un troisième tour de scrutin.

Le nombre de votants étant 65,

M. E. Tisserand	obtient..........	33	suffrages
M. Landouzy	»	30	»
M. D. André	»	1	suffrage
M. Blondel	»	1	»

M. **Eugène Tisserand**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. *Auguste Houzeau*, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale.

M. Ch.-Ed. Guillaume, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

Le Recteur et le Sénat de l'Université royale de Breslau invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes du Centenaire de l'Université qui auront lieu du 1er au 3 août prochain.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Expedition of the California Academy of Sciences to the Galapagos Islands* 1905-1906. II : *A botanical Survey of the Galapagos Islands*, par Alban Stewart.

2° *Researches on the evolution of the Stellar systems*. Volume II : *The capture theory of cosmical evolution*, par T.-J.-J. See.

3° *Petit Manuel de physiologie de la voix à l'usage des chanteurs et des orateurs*, par M. Marage. (Présenté par M. Dastre.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la couronne du Soleil.* Note de M. Carl Störmer.

En admettant comme M. Birkeland et d'autres que les orages magnétiques et les aurores polaires sont dus à des corpuscules électrisés émis par le Soleil, on est conduit à regarder les rayons de la couronne solaire comme étant dus à l'illumination par des faisceaux de pareils corpuscules.

D'autre part, la structure de la couronne a depuis longtemps conduit les physiciens (1) à croire que le Soleil est entouré par un champ magnétique; en effet, les rayons coronaux ont une certaine ressemblance avec les lignes de force d'un aimant.

(1) Voir aussi Kr. Birkeland, *Sur la déviabilité magné que des rayons corpusculaires provenant du Soleil* (*Comptes rendus*, 24 janvier).

Dès mes premières recherches sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans le champ d'un aimant élémentaire, j'avais remarqué une ressemblance entre les trajectoires calculées et les rayons coronaux au temps de la fréquence minimum de taches; pour être mieux éclairé sur ce point j'ai, l'année dernière, fait calculer une série de trajectoires émanant normalement de la surface solaire. Je suppose alors que le champ magnétique du Soleil est identique à celui d'un aimant élémentaire placé au centre avec son axe le long de l'axe de rotation.

Ensuite, pour commencer par le cas le plus simple, je suppose que les corpuscules ne sont pas soumis à d'autres forces que le magnétisme et qu'ils se meuvent d'après les lois qu'on a observées pour les corpuscules cathodiques dans un champ magnétique.

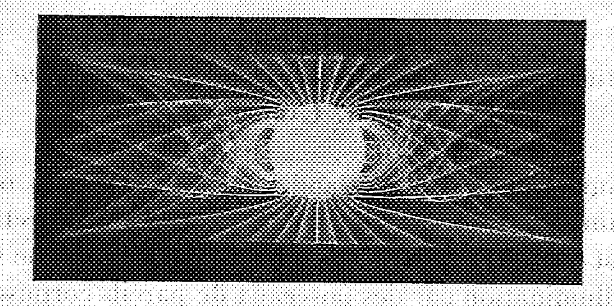
Enfin, pour fixer les idées, j'ai choisi le moment magnétique M du Soleil et le produit caractéristique $H\rho = \frac{m}{e}v$ des corpuscules de manière à satisfaire à la relation

$$\sqrt{\frac{M}{H\rho}} = 2,5\,S,$$

où S est le rayon du Soleil en centimètres; en substituant sa valeur on aura

$$\frac{M}{H\rho} = 3,02.10^{22}.$$

Fig. 1.



Pour ce qui regarde la théorie et le calcul des trajectoires, je renvoie à mon Mémoire publié dans les *Archives de Genève*, 1907.

Je me borne à reproduire ici quelques modèles représentant les résultats du calcul.

Voici d'abord (*fig.* 1) les surfaces de révolution sur lesquelles les trajectoires calculées sont situées; elles sont obtenues en photographiant les courbes méridiennes en mouvement autour de l'axe de rotation.

Sur la figure 2 on voit une photographie stéréoscopique [1] des trajectoires distribuées symétriquement sur la surface solaire et correspondant au cas où le pôle Sud est tourné en haut et où la charge des corpuscules est négative, ou bien où le sens d'aimantation est inverse et où la charge est positive.

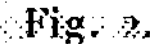
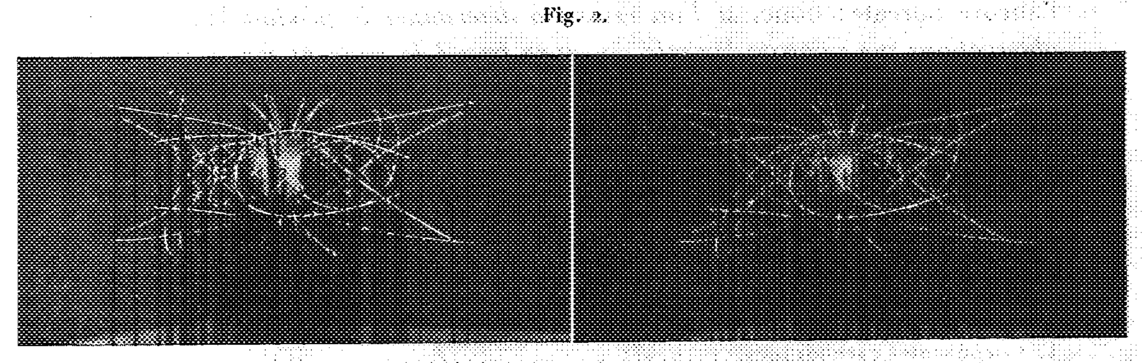
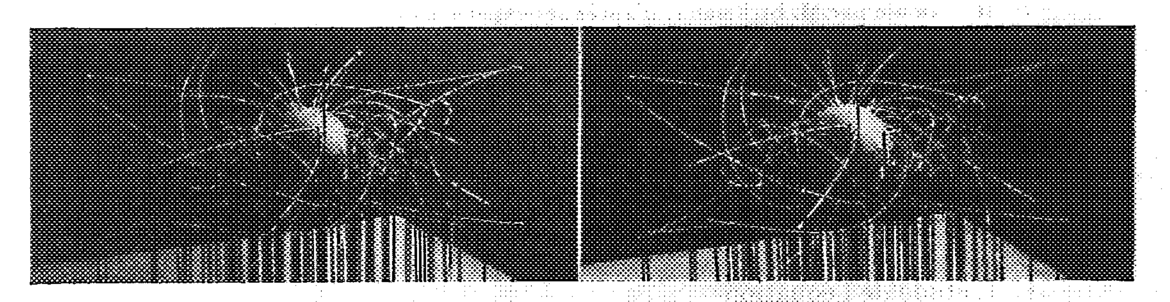


Fig. 2.



Si le pôle Nord est tourné vers le haut et si la charge est négative (ou bien si le pôle Sud est tourné vers le haut et si la charge est positive), on aura un modèle comme celui de la figure 3, avec le sens du tourbillon renversé.

Fig. 3.



On reconnaît, sur ces modèles, les rayons polaires de la couronne, ainsi que *les panaches en forme d'ailes d'hirondelle*, si caractéristiques pendant les années de fréquence minimum de taches solaires.

Pour en tirer des conclusions définitives, il aurait fallu construire toute une série de pareils modèles pour les diverses valeurs du rapport $\frac{M}{H\rho}$; supposons qu'*on ait trouvé l'identité entre les systèmes théoriques et observés.*

---

(1) Les irrégularités des trajectoires près de la surface du globe ne sont qu'apparentes; en effet elles proviennent de la tendance d'enroulement autour des lignes de force magnétique, comme le montre le calcul.

On aura donc fixé le rapport $\frac{M}{H\rho}$ et il suffit de connaître l'une des constantes M et $H\rho$ pour avoir la valeur de l'autre. Or nous avons supposé, avec M. Birkeland, que les corpuscules en question sont ceux causant l'aurore boréale; donc, *si l'on réussit à déterminer le produit* $H\rho$ *par des observations sur l'aurore boréale, on aura trouvé le moment magnétique du Soleil.*

Voici les résultats qu'on obtient en adoptant la valeur de $\frac{M}{H\rho}$ indiquée plus haut et en partant des différentes hypothèses sur les corpuscules auroraux; M_0 désigne alors le moment magnétique de la Terre, c'est-à-dire $8,52.10^{25}$ C.G.S :

	$H\rho$.	M.
1. Corpuscules cathodiques..........................	315	$0,111 M_0$
2. Corpuscules de l'espèce des rayons β les plus pénétrants.	5000	$1,77 M_0$
3. Rayons extrêmement peu déviables par le magnétisme (nouvelle idée de M. Birkeland)..................	6.10^5	$212 M_0$
a. $H\rho$ calculé d'après la situation de la zone des aurores boréales (¹)................................	$1,4.10^6$	$496 M_0$
	$2,7.10^6$	$956 M_0$
b. $H\rho$ calculé par M. Birkeland, d'après ses expériences (*Teknisk ugeblad*, 9 décembre 1910, Christiania).	7.10^6	$2478 M_0$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du type parabolique.* Note de M. MAURICE GEVREY, présentée par M. Émile Picard.

1. L'étude de l'équation

$$\delta z \equiv \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = f(x, y) \tag{1}$$

a été faite d'une façon très complète par M. E.-E. Lévi (²). Appelons contour C un contour formé d'un segment AB de caractéristique et de deux

(¹) Voir ma Note dans les *Comptes rendus* du 24 octobre 1910. Je profite de l'occasion pour rectifier ici la phrase suivante : « Cela a conduit M. Birkeland, etc. » En effet, M. Birkeland m'a écrit qu'il est arrivé à ses conclusions uniquement à l'aide de ses expériences.

(²) *Annali di Mathematica*, t. XIV, 1908. — Cf. également HOLMGREN, *Arkiv för matematik*, 1907-1908. — BERNSTEIN, *Comptes rendus*, t. 140, 1905.

arcs de courbe AC, BD situés au-dessus de AB et ne se coupant pas (¹); on trouve la solution régulière unique de $\delta z = 0$, prenant sur C des valeurs données, par la résolution d'équations de Volterra de deuxième espèce. Le même problème pour l'équation (1) se traite en remarquant que la fonction

$$u(x, y) = -\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \iint_{S_y} \frac{1}{\sqrt{y-\eta}} e^{\frac{-(x-\xi)^2}{4(y-\eta)}} f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta$$

est solution de l'équation (1), S_y désignant le domaine limité par C et la caractéristique d'ordonnée y.

Pour que $\frac{\partial u}{\partial y}$ et $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ existent au point $M(x, y)$, il suffit que f satisfasse, en outre de la condition d'intégrabilité, à l'un des groupes de conditions suivantes, plus larges que celles qu'indique M. Lévi.

a. $f(\xi, \eta)$ est continue au point M et, si l'on considère les paraboles P d'axe vertical et de sommet M, l'intégrale curviligne

$$\int_M^N \frac{f(\xi, \eta) - f(x, y)}{y - \eta} d\eta$$

prise le long de P est finie et déterminée pour les points N voisins de M.

b. $f(\xi, \eta)$ est continue en ξ pour $\xi = x$ dans le voisinage de M (²) et l'intégrale

$$\int_M^N \frac{f(\xi, \eta) - f(x, \eta)}{y - \eta} d\eta$$

est finie et déterminée.

c. $f(\xi, \eta)$ est continue en η pour $\eta = y$ et l'intégrale

$$\int_M^N \frac{f(\xi, \eta) - f(y, \eta)}{y - \eta} d\eta$$

est finie. Nous appellerons conditions (A) un quelconque de ces groupes.

Comme dans le cas du potentiel (Petrini, *Journal de Liouville*, 1909), on peut étudier le symbole δu en supposant simplement f continue au sens des

---

(¹) Leurs équations étant $x = X_1(y)$, $x = X_2(y)$, on suppose X_1 et X_2 satisfaisant aux conditions de Lipschitz.

(²) C'est-à-dire que, pour $|x - \xi| < \alpha$, $|y - \eta| < \alpha$, on a $|f(\xi, \eta) - f(x, \eta)| < \varepsilon$.

conditions b ou c. Posons

$$\delta u = \lim_{h=0} \lim_{k=0} \left\{ \frac{1}{h} \left[\frac{\partial u}{\partial x}(x+h, y) - \frac{\partial u}{\partial x}(x, y) \right] - \frac{1}{k} [u(x, y+k) - u(x, y)] \right\},$$

on montre que δu existe et est égal à f si k est du second ordre par rapport à h.

2. La solution de l'équation (1), nulle sur C, est

$$z(x, y) = -\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int\int_{S_y} f(\xi, \eta) g(\xi, \eta; x, y) \, d\xi \, d\eta,$$

g étant la fonction de Green. Soient alors les équations

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = a \frac{\partial z}{\partial x} + b \frac{\partial z}{\partial y} + cz + f,$$

$$(4) \qquad \delta z = a \frac{\partial z}{\partial x} + cz + f,$$

a, b, c, f étant des fonctions de x, y; la première se ramène à la seconde par un changement de variables dans toute région du plan où b garde un signe constant. Nous aurons la solution unique de (4), prenant sur C des valeurs données, par la résolution de l'équation intégro-différentielle

$$(5) \quad z(x, y) = -\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int\int_{S_y} \left[a(\xi, \eta) \frac{\partial z(\xi, \eta)}{\partial \xi} + c(\xi, \eta) z(\xi, \eta) \right] g(\xi, \eta; x, y) \, d\xi \, d\eta + \psi(x, y),$$

ψ étant la solution de $\delta z = f$ répondant aux conditions aux limites données. Il résulte de l'étude de g et $\frac{\partial g}{\partial x}$ à l'intérieur de l'aire et au bord que, moyennant certaines hypothèses sur la continuité des données, la méthode des approximations successives donne la solution en tout point de S ou de C; on passe de là à l'équation (4) en supposant que a, c, f satisfassent aux conditions (A).

3. Une intégration par parties (cf., dans le cas elliptique, E. Picard, *Annales de l'École Normale*, 1906) permet de ramener l'équation (5) à la forme intégrale

$$(6) \quad z(x, y) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int\int_{S_y} \left[\frac{\partial \, a(\xi, \eta) g}{\partial \xi} - c(\xi, \eta) g \right] z(\xi, \eta) \, d\xi \, d\eta + \psi(x, y).$$

On vérifie directement que la solution de (6) répond aux conditions aux

limites, et satisfait à l'équation à l'intérieur de l'aire. Cette seconde méthode a l'avantage de n'exiger pour les données que la simple continuité en général. Elle permet de démontrer que *si une série de solutions de l'équation* (4) [*ou* (3)] *converge uniformément sur* C, *elle converge uniformément dans toute région intérieure à* S, *et y vérifie l'équation.*

Ajoutons également qu'on peut former la solution quand le contour admet des tangentes horizontales ou que A et B coïncident.

4. Soit encore le même problème aux limites pour l'équation

$$\delta z = f(x, y, z, p),$$

f étant lipschitzienne en z, p, et satisfaisant aux conditions (A) dans une certaine région R du plan. La méthode des approximations successives donnera, d'après les résultats du paragraphe 2, la solution unique dans une bande horizontale dont la hauteur dépend des données et de la nature de f.

Soit enfin l'équation

$$r = f(x, y, z, p, q).$$

Si dans une région R, f et ses dérivées par rapport à z, p, q sont continues, la dérivée f'_q restant positive, la solution prenant sur C des valeurs données ne peut être qu'unique. Pour la calculer, nous mettrons l'équation sous la forme $\delta z = \varphi(x, y, z, p, q)$. La méthode des approximations successives exigera ici l'existence, au bord même, des dérivées premières des termes de la série. Une étude préalable de ces dérivées, et même de leurs accroissements, sera donc nécessaire pour l'équation (1). Cet examen, qui est assez long, conduit à un certain nombre de conditions concernant le contour, les données, les dérivées de f et la fonction φ déduite de f. Les approximations convergent dans une bande suffisamment étroite.

5. Les résultats précédents s'étendent au cas de n variables. Je reviendrai d'ailleurs sur ce point, ainsi que sur le détail des méthodes indiquées.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les applications géométriques de la formule de Stokes.* Note de M. A. **Buhl**, présentée par M. P. Appell.

M. G. Kœnigs paraît être le premier géomètre qui ait donné des exemples de volumes ne dépendant que de contours; si un contour en mouvement décrit une sorte de surface canal, toute cloison jetée sur ce contour balaie un volume qui est indépendant de la forme de la cloison, car faire

varier celle-ci revient à porter un même onglet d'un bout à l'autre du canal (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1889).

J'ai utilisé aussi la considération de certains onglets pour former des volumes qui, ne dépendant que de contours, s'expriment à l'aide d'intégrales de ligne, dans des cas qui me semblent différents de ceux étudiés par M. Kœnigs.

Soient un contour Σ fixe et une cloison S limitée à ce contour.

Si S sert de facette commune à deux solides complètement différents par ailleurs (si, par exemple, S est une même base gauche pour deux cônes de sommets différents), la *différence* des volumes de ces solides est un volume qui ne dépend que du contour Σ, car, faire varier S, c'est ajouter aux deux volumes considérés un même onglet.

Cette remarque si simple permet, un volume étant connu, de lui en adjoindre une infinité d'autres dont l'évaluation n'exige plus que le calcul d'une intégrale de ligne étendue à Σ.

Ainsi, soient U_x, U_y, U_z les volumes cylindriques obtenus en projetant sur les plans coordonnés, parallèlement à Ox, Oy, Oz, tous les points de S. On a

$$U_x = -\int\int_S px\,dx\,dy, \qquad U_y = -\int\int_S qy\,dx\,dy, \qquad U_z = \int\int z\,dx\,dy.$$

Or ces volumes, pris deux à deux, ont des différences qui, d'après la remarque précédente, ne doivent dépendre que du contour Σ de S. En fait, la formule de Stokes donne facilement

$$U_x - U_y = \int_\Sigma xy\,dz, \qquad U_y - U_z = \int_\Sigma yz\,dx, \qquad U_z - U_x = \int_\Sigma zx\,dy.$$

Ceci posé, soit Π un plan passant par l'origine et dont les cosinus directeurs sont λ, μ, ν. Soit U le volume cylindrique obtenu en projetant tous les points de S sur ce plan. On a

$$U = \int\int_S (\lambda x + \mu y + \nu z)(-\lambda p - \mu q + \nu)\,dx\,dy.$$

Or, un volume tel que $U - U_z$ doit encore être exprimé par une intégrale double transformable par la formule de Stokes. La transformation, un peu plus difficile que la première, donne pour $U - U_z$ une combinaison

linéaire d'intégrales simples ayant toutes des significations géométriques remarquables. En groupant convenablement les termes de l'égalité obtenue, on peut l'écrire enfin

$$U = \lambda^2 U_x + \mu^2 U_y + \nu^2 U_z + \mu\nu(A_y\zeta_y + A_z\eta_z) + \nu\lambda(A_z\xi_z + A_x\zeta_x) + \lambda\mu(A_x\eta_x + A_y\xi_y),$$

si A_x, A_y, A_z sont les aires planes contenues dans les projections de Σ faites sur les plans coordonnés parallèlement à Ox, Oy, Oz et si les points

$$(0, \eta_x, \zeta_x), \quad (\xi_y, 0, \zeta_y), \quad (\xi_z, \eta_z, 0)$$

sont les centres de gravité de ces aires planes.

La forme seule de U donne lieu à d'intéressants problèmes.

Les termes carrés en λ^2, μ^2, ν^2 dépendent de la surface S, mais *les termes rectangles en* $\mu\nu$, $\nu\lambda$, $\lambda\mu$ *ne dépendent que du contour* Σ. Si le plan Π, au lieu de pivoter autour de O, pivote autour d'un point (a, b, c), les parenthèses des termes rectangles prennent la forme

$$A_y(\zeta_y - c) + A_z(\eta_z - b), \quad A_z(\xi_z - a) + A_x(\zeta_x - c), \quad A_x(\eta_x - b) + A_y(\xi_y - a).$$

Or ces expressions égalées à zéro donnent, *en général*, un point (a, b, c) unique tel que, pour tous les plans pivotant autour de ce point, les volumes U n'aient que des termes carrés.

Cette première réduction est féconde en résultats géométriques; elle permet, par exemple, de montrer que, pour la courbe sphérique de Viviani, le volume rationnel autrefois si remarqué fait partie d'une infinité d'autres volumes rationnels attachés à la même portion de surface sphérique.

Dans un ordre d'idées différent on peut traiter U, par rapport à λ, μ, ν, comme on traite le moment d'inertie d'un solide par rapport aux droites passant par un point. Si, par O, on mène un vecteur $OP(\lambda, \mu, \nu)$, défini en grandeur par l'égalité

$$\overline{OP}\sqrt{U} = 1,$$

le lieu de P est une quadrique plus générale toutefois qu'un ellipsoïde d'inertie, car un volume U peut être nul et, par suite, le rayon vecteur OP peut devenir infini.

J'ai étudié les conditions pour que cette quadrique ait un ou plusieurs des plans coordonnés pour plans principaux.

Enfin j'ai étendu tous les résultats précédents aux volumes coniques et conoïdaux.

PHYSIQUE. — *Action de faibles élévations de température sur la radioactivité induite.* Note de MM. **Ed. Sarasin** et **Th. Tommasina.**

Les expériences faites jusqu'à présent concernant l'action de la température sur le rayonnement des corps radioactivés ont donné des résultats positifs, mais ces résultats ont été obtenus en chauffant ces corps (des lames métalliques) à des températures élevées.

En effet, on a toujours considéré ce phénomène comme une distillation de l'émanation absorbée pendant l'activation. Les expériences que nous allons décrire montrent qu'il suffit d'élever la température d'un métal radioactivé de quelques degrés seulement, par exemple de 20° à 30°, pour augmenter de beaucoup son débit radioactif.

C'est le fait d'avoir obtenu une radioactivité induite à évolution très lente, fournissant un rayonnement d'une constance presque absolue et d'une intensité suffisante pour permettre des mesures exactes, qui nous a amenés à faire cette constatation que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie.

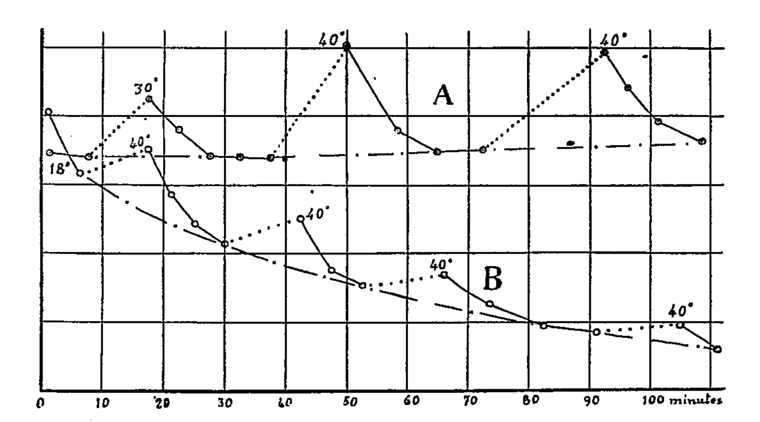
Cette radioactivité induite de longue durée possède en outre un caractère spécial qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé et qui consiste dans la valeur de son résidu d'activité. Ce résidu n'est pas, en effet, une fraction minime de l'activité du début de la désactivation, comme on l'avait toujours trouvé jusqu'ici, mais est resté, au contraire, et est encore actuellement, depuis presque deux mois, supérieur au quart. Aussi croyons-nous indispensable d'indiquer brièvement le mode de production de ce phénomène.

Dans nos précédentes expériences nous activions les différents corps, sur lesquels nous avons opéré, dans une enceinte close constituée par une cloche cylindrique en laiton de 36^cm de hauteur pour 18^cm de diamètre. Dans cette enceinte était placé le sel de radium qui activait les corps, soit directement, soit au travers d'écrans métalliques, cloches en métal plein ou en toile métallique.

Pendant les dernières vacances nous avions laissé exprès, dans l'enceinte close au-dessus du radium, trois cloches concentriques en toile métallique très fine et une cloche en métal plein les contenant, mais en laissant un espace libre entre elles et les grilles intérieures, de même qu'entre elles et la cloche extérieure.

Tout en sachant, pour l'avoir confirmé par nos expériences, que c'est surtout l'émanation qui produit la radioactivité induite, à cause de son grand pouvoir de diffusion, nous avons voulu vérifier si le rayonnement

jouait aussi un rôle. Pour cela, après cette longue période d'activation, nous avons étudié la désactivation de chaque cloche séparément. Or, après deux mois, nous ne trouvâmes qu'un dépôt actif très faible sur toutes les cloches-grilles, ainsi que sur celle en métal plein, tandis que la cloche extérieure montra une activité très forte. Il nous parut alors intéressant de reconnaître si une activité induite à évolution lente avait pris naissance sur la paroi intérieure de notre enceinte d'activation.



En effet, le jour suivant, nous constatâmes une action de décharge qui n'avait diminué que des $\frac{3}{4}$ par rapport à la valeur initiale du début de la désactivation, tandis qu'elle aurait dû être minime. Cette radioactivité se conserva depuis lors invariable, de façon que la courbe de désactivation est une ligne horizontale. Le tracé monte lentement lorsqu'on laisse accumuler dans la cloche l'air ionisé et l'émanation, jusqu'à atteindre la limite de saturation; aussi dès qu'on y renouvelle l'air on retrouve invariablement les mêmes chiffres. Avec circulation d'air, c'est-à-dire à cloche ouverte, on a une droite horizontale. Cette radioactivité induite si parfaitement constante nous a donné l'idée de voir si ce phénomène était insensible aux faibles élévations de température, comme cela avait été établi dans des conditions expérimentales un peu différentes.

Ayant placé pendant quelques minutes notre cloche sur le radiateur du calorifère, élevant sa température de 12° seulement (de 18° à 30°), puis l'ayant éventée et replacée sur le plateau de l'électroscope, nous constatâmes immédiatement une forte montée de la courbe de désactivation comme le montre le diagramme A de la figure, qui donne encore deux autres points de chauffe à 40°. L'étude du phénomène nous a confirmé l'effet dû à la chaleur par des diagrammes superposables, et nous a permis de reconnaître la constance persistante du débit radioactif, qui semble jusqu'ici ne subir aucune perte par la répétition des opérations de chauffe, produisant chaque fois, pourtant, une émission plus énergique.

Ces constatations nous permettent de conclure que *même les faibles élé-*

vations de température agissent sur les métaux radioactivés en accélérant leur désactivation par un accroissement immédiat et temporaire de leur débit radioactif.

Nous donnons cette généralisation à notre conclusion parce qu'ayant activé par une action rapide et directe, c'est-à-dire sans écrans interposés, une cloche neuve identique à la première, nous avons obtenu le diagramme B, qui montre également l'effet d'une *surdésactivation* immédiate due aux mêmes faibles élevations de température, bien qu'il soit ici moins énergique et qu'il aille en s'affaiblissant naturellement aussi rapidement que la radioactivité induite de courte durée. D'autre part nous avons restreint notre conclusion aux métaux, parce que tous nos essais avec des cloches en verre très fortement radioactivées, nous ont toujours donné un effet nul, tout au moins pour les limites entre lesquelles nous avons opéré, mais il est possible que cela change pour de plus grandes différences de température. C'est ce que nous vérifierons en poursuivant nos recherches.

PHYSIQUE. — *Loi de la transmission de la chaleur entre un fluide en mouvement et une surface métallique.* Note (¹) de M. F. **Leprince-Ringuet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'un fluide en mouvement permanent circule dans un tube de métal, la quantité de chaleur qui s'échange entre le fluide et le métal par heure et par mètre carré peut être représentée par

$$M = \alpha(\tau - \theta);$$

τ, température moyenne du fluide sur la section droite du tube ; θ, température de la paroi.

Je me suis proposé de faire rentrer les résultats des expériences les plus diverses dans une formule unique, rendant compte de tous les phénomènes observés.

Si l'on écrit les équations différentielles qui définissent la transmission de la chaleur par conductibilité, l'écoulement d'un fluide visqueux, la loi de continuité et la loi de conservation de l'énergie, on obtient des relations d'homogénéité entre les longueurs, les vitesses, les poids spécifiques, le coefficient de conductibilité, la viscosité et la chaleur spécifique, et s'il existe

---

(¹) Présentée dans la séance du 6 février 1911.

une formule monome exprimant le coefficient α en fonction de ces éléments seulement, elle est nécessairement de la forme

$$(1) \qquad \alpha = \frac{H\lambda^{1-m}}{(d, l)^{1-n}} \left(\frac{f w \varpi}{\eta}\right)^n (h g \zeta \eta)^m,$$

dans laquelle d est le diamètre du tube, l sa longueur depuis l'origine des échanges, w la vitesse et ϖ le poids spécifique, λ la conductibilité, η la viscosité, c_p la chaleur spécifique à pression constante. Cette formule est analogue à celle qu'a donnée en Allemagne M. Nüsselt, en 1909, mais plus générale. La formule de Nüsselt s'écrivait

$$(2) \qquad \alpha = \frac{H\lambda_i}{d^{1-n}} \left(\frac{w \varpi c_p}{\lambda}\right)^n,$$

en distinguant λ_i à la température de la paroi de λ à la température du fluide.

J'ai cherché à vérifier l'une et l'autre formule.

Les expériences de Nüsselt ont nettement mis en évidence la relation $\alpha = A(w\varpi)^n$ au-dessus de la vitesse critique et ont montré que n avait une valeur constante pour un tuyau donné, quel que soit le gaz (air, acide carbonique, gaz d'éclairage) envisagé. Il a trouvé $n = 0,786$ pour $d = 0^m,022$.

Les résultats obtenus par M. P. Jordan (Angleterre, 1909) peuvent se mettre sous la même forme, mais on constate avec netteté que n varie avec le diamètre du tube; pour des tubes annulaires, le diamètre équivalent est celui qui correspond au même rapport de la section de passage au périmètre chauffé. n décroît régulièrement quand le diamètre augmente, descendant à $n = 0,678$ pour $d = 0^m,050$. Il est intéressant de rappeler que Ser, en 1884, avait indiqué, sans le préciser autrement, que α était proportionnel à w pour de très petits diamètres et à $\sqrt{w}$ pour de grands diamètres.

Il résulte de la comparaison des résultats de Nüsselt, Jordan, Stanton (Angleterre, 1897), Carcanagues, 1896, et Ser que n n'est influencé ni par la longueur des tubes, ni par la température. Si l'on admet qu'il tombe à $\frac{1}{2}$ pour de grands diamètres, on peut le représenter assez bien par la relation

$$n = \frac{1 + 18d}{1 + 36d}.$$

Il y a lieu de remarquer que la perte de charge dans l'écoulement des fluides croît comme $w^{1+n'} \varpi^{n'} d^{n'-2}$; mais, comme l'ont très bien montré les expériences de Osborne Reynolds sur l'eau, cet exposant n', égal à 0,722

pour l'eau, est tout à fait indépendant du diamètre. Il n'y a donc aucun rapport entre n et n'.

Les expériences de Jordan mettent en évidence, contrairement à l'opinion admise *a priori* par cet auteur et traduite dans sa formule empirique, que le coefficient α ne dépend pas (aux erreurs expérimentales près) de la température de la paroi; les expériences de Carcanagues confirment ce fait. Le coefficient de température varie avec le diamètre du tube et est très bien représenté par $(1+\delta\tau)^n$.

Ni la formule (1), ni la formule (2) ne rendent compte de la grandeur et du sens de cette fonction de la température si l'on s'en tient aux coefficients de température admis pour les grandeurs λ, η, c_p, qui y interviennent, et notamment si l'on se base sur la relation connue : $\lambda = \varepsilon\eta c_v$, applicable aux gaz parfaits.

La longueur de tube sur laquelle se produit l'échange de chaleur exerce une influence manifeste, comme le font voir en particulier les expériences de Carcanagues. Cette influence tient à ce que le fluide se trouve au début à une température uniforme sur toute la section, de sorte que l'écart de température entre la paroi du tube et le fluide infiniment voisin à une valeur finie, correspondant à un échange de chaleur infini; mais bientôt le fluide se répartit en tranches de température variable. D'après les résultats de Carcanagues on peut approximativement représenter cette influence par une fonction l^{-p} de la longueur; p serait égal à 0,13.

Finalement j'ai pu réunir tous les résultats obtenus avec l'air dans une formule :

$$(3) \qquad \alpha = B_1 l^{-p}[C_0(1+\delta\tau)w\varpi]^n,$$

numériquement égale à

$$\alpha = 51{,}5\, l^{-p}[0{,}0595(1+0{,}00215\tau)w\varpi]^n,$$

n et p ayant les valeurs indiquées ci-dessus.

Cette formule coordonne tous les résultats de Jordan et Nüsselt avec moins de 5 pour 100 d'écart. Elle s'applique notamment aux tubes de 1^{cm} à 5^{cm} de diamètre, de $0^m,50$ à 2^m de longueur, aux températures du fluide de 30° à 300°, la température de la paroi pouvant d'ailleurs varier de 10° à 100°.

Cette formule peut également, comme le montrent les expériences du Pennsylvania Rrd (1905) et celles de Henry (1894), être étendue aux tubes chaudières de 4^m à 5^m de longueur à des températures de 400° à 500° et

aux sections de tubes comprises entre 3^m et 7^m, avec une approximation au moins égale à 9 pour 100, en donnant au coefficient global gaz-métal-eau une valeur égale aux 93 pour 100 du coefficient gaz-métal.

Rapportés au coefficient de l'air pris pour unité, les termes $A = BC^n$ relatifs aux autres substances ont les valeurs suivantes :

Eau (Stanton)	3,44 pour $n =$	0,838
Gaz d'éclairage (Nüsselt)	2,68	0,786
Acide carbonique (Nüsselt)	0,83	0,786
Vapeur d'eau surchauffée (Knoblauch et Jakob)	1,20	0,82

Aucune des formules (1) ou (2) ne relie ces valeurs d'une manière bien satisfaisante, ce qui peut tenir à ce que, n variant avec le diamètre, l'homogénéité de ces formules devient illusoire, ou à ce que les constantes physiques qui y interviennent sont un peu incertaines.

CHIMIE. — *Sur le nitrate d'uranyle et sur la nature de sa solution éthérée.* Note de M. **Paul Lebeau**, présentée par H. Le Chatelier.

On doit à Péligot[1] un procédé de purification du nitrate d'uranyle, qui a été presque toujours utilisé depuis par tous ceux qui se sont occupés de la chimie de l'uranium. Cette purification est basée sur la propriété que possède le nitrate d'uranyle d'être très soluble dans l'éther, alors que les nitrates des métaux qui accompagnent l'uranium dans la pechblende y sont à peu près insolubles.

Le nitrate d'uranyle que l'on obtient par cristallisation d'une solution aqueuse à la température ordinaire, est un hydrate à 6^{mol} d'eau. Lorsque les cristaux de ce sel sont traités par l'éther, ils s'y dissolvent, en même temps que de l'eau se sépare pour former une solution aqueuse, au-dessous de la solution éthérée. Bien que ce fait ait été fréquemment observé, nous n'avons trouvé aucune détermination concernant la nature et la quantité du composé uranique entrant en solution dans l'éther.

Ayant eu maintes fois l'occasion d'appliquer à de grandes quantités de nitrate d'uranyle le procédé de purification de Péligot, nous avions été frappé de ce fait, que malgré la grande solubilité apparente de ce nitrate dans l'éther, on ne constate aucun abaissement de température, lors du phénomène de la dissolution. Dans une observation grossière, nous avons

(1) Péligot, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. V, 1842, p. 5.

même reconnu qu'il y avait dégagement de chaleur. En mélangeant 500^g d'éther sec et exempt d'alcool avec 475^g de nitrate d'uranyle à 6^{mol} d'eau, les deux substances étant à la température du laboratoire, soit 15°, on observe une élévation de la température atteignant 4° à 5°. Il n'y a donc pas seulement solution, mais aussi combinaison de l'éther avec le sel d'uranyle.

Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, cette solution accompagnée de combinaison se produit avec élimination d'eau. La quantité de nitrate d'uranyle qui se dissout est considérable. A la température de 7°, si l'on met en contact en ayant soin d'agiter fréquemment, de l'éther avec un grand excès de nitrate d'uranyle, on obtient une solution qui contient 59 pour 100 de sel considéré comme hydrate à $6H^2O$. La liqueur aqueuse baignant les cristaux renferme pour cette même température 62,5 pour 100 de sel.

Pour faire l'étude de la solution éthérée, nous l'avons préalablement privée d'eau au moyen de l'azotate de calcium desséché qui présente l'avantage d'être sans action sur le nitrate d'uranyle et d'être insoluble dans l'éther.

En refroidissant cette solution dans un mélange de neige carbonique et d'acétone, on provoque la formation de très beaux cristaux constituant une combinaison de nitrate d'uranyle et d'éther. Il résulte de nos premières déterminations qu'il existe au moins deux composés de nitrate d'uranyle et d'éther. L'un d'eux cristallise par le refroidissement des solutions étendues vers —70°; l'autre se dépose en cristaux assez volumineux, lorsqu'on maintient à —10° le liquide provenant de la fusion du corps précédent. Nous donnerons plus tard la formule exacte de ces combinaisons éthérées qui possèdent la propriété commune de laisser dégager la totalité de l'éther dans un courant d'air sec à la température ordinaire, en laissant un même résidu cristallin de couleur jaune clair. L'analyse de ce produit nous a montré qu'il était formé par un hydrate de nitrate d'uranyle à 2^{mol} d'eau.

Trois analyses faites sur des échantillons provenant de préparations différentes nous ont donné pour 1^{mol} de nitrate d'uranyle :

$$2,04, \quad 2,00 \quad \text{et} \quad 2,13H^2O.$$

Cet hydrate se dissout dans l'acide nitrique fumant, ce qui permet de l'obtenir en cristaux bien formés présentant exactement la même composition.

Dans les Ouvrages de Chimie, on signale trois hydrates de nitrate d'uranyle, renfermant respectivement 6^{mol}, 3^{mol} et 1^{mol},5 d'eau. Les deux

premiers hydrates, déjà obtenus par Péligot, sont bien connus; pour le troisième, dont la découverte est attribuée à Schultz Sellach (1), on constate en remontant au Mémoire original, qu'il ne s'agit en réalité que de l'hydrate à $3H^2O$ représenté par la formule (NO^3) UO.1,5 H^2O pour U = 120.

Nous avions donc pensé nous trouver en présence d'un nouvel hydrate du nitrate d'uranyle et nous avions réussi à le préparer par déshydratation directe de l'hydrate à $6H^2O$ dans le vide sur l'acide sulfurique, quand en complétant notre bibliographie, nous avons reconnu qu'il avait déjà été obtenu par ce dernier procédé par Löwenstein (2) en 1900. Plus récemment, à la fin de 1910, Alexej Wasiljew (3), dans un important travail sur les hydrates du nitrate d'uranyle et sur la solubilité de l'hexahydrate, a confirmé son existence et l'a préparé en dissolvant dans l'acide nitrique de densité 1,4, le produit de la dessiccation à 100° de l'hexahydrate. Nous n'apportons donc qu'un mode de formation nouveau de ce sel.

Il nous reste cependant d'avoir démontré que cet hydrate salin soluble dans l'éther conserve son eau d'hydratation au sein même de la solution en présence d'un déshydratant comme l'azotate de calcium desséché ou l'acide métaphosphorique. C'est là un fait intéressant, soit qu'on l'envisage comme un exemple très net de la solubilité d'une molécule hydratée non dissociée dans un milieu anhydre, soit qu'on le considère comme établissant que les deux molécules d'eau restant aussi énergiquement fixées sur le nitrate d'uranyle, jouent au point de vue de sa constitution un rôle tout particulier.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau procédé de dosage de l'acide sulfurique et des sulfates*. Note de MM. **V. Auger** et **M. Gabillon**, présentée par M. A. Haller.

Le procédé consiste en la réduction de l'acide sulfurique ou des sulfates par l'acide iodhydrique, et le dosage volumétrique de l'hydrogène sulfuré formé par une liqueur titrée d'iode.

L'acide iodhydrique est préparé dans le ballon même où s'effectue la réduction du sulfate, à l'aide d'un mélange d'acides phosphorique et pyrophosphorique et d'iodure

(1) Schultz Sellach, *Zeitschrift für Chemie*, 1870, p. 646.

(2) Löwenstein, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, t. LVIII, 1909, p. 103.

(3) Alexej Wasiljew, *Journal de la Société physico-chimique russe*, t. XLII, 1910, p. 570.

de potassium. Comme la réaction $SO^4H^2 + 8IH = H^2S + 4H^2O + 8I$ met en liberté une forte quantité d'iode, celui-ci est ramené à l'état d'acide iodhydrique par addition d'acide phosphoreux qui réagit suivant $PO^3H^3 + 2I + H^2O = PO^4H^3 + 2IH$. Comme il y a toujours de l'iode et du gaz iodhydrique entraînés en même temps que l'hydrogène sulfuré, on se débarrasse de l'iode en faisant passer le gaz sur une colonne d'iodure de calcium, et de l'acide iodhydrique en la faisant barboter dans une solution aqueuse du même acide, de concentration supérieure à $IH + 7Aq$ et rendue incolore par addition d'acide phosphoreux.

L'hydrogène sulfuré est enfin absorbé dans une solution d'acétate de zinc, et le sulfure dosé par l'iode comme d'habitude. L'attaque des sulfates, dans les conditions de l'expérience, est toujours intégrale, sauf pour le sulfate de baryum; elle commence vers 80° et se termine vers 110°; la durée moyenne de l'opération est de 20 à 25 minutes de chauffe.

Pour obtenir de bons résultats, il est nécessaire de tenir compte des observations suivantes : 1° le mélange phosphorique employé doit être exempt d'acide métaphosphorique, sinon il y a une réduction trop énergique de l'acide phosphoreux et mise en liberté de phosphore rouge ou d'oxyde de phosphore, et d'hydrogène phosphoré; comme ce dernier peut toujours se former, on a soin de l'éliminer en le faisant passer sur de l'iode précédant l'iodure de calcium; 2° l'atmosphère intérieur du ballon à réduction doit être exempte de toute humidité pour éviter l'oxydation de l'hydrogène sulfuré par l'iode suivant la réation $H^2S + I = S + 2IH$, qui n'a pas lieu en milieu sec.

L'appareil se composera donc d'un ballon de 50^{cm^3} environ, à col long, portant un tube latéral pour le dégagement des gaz, et dans lequel pénètre un tube amenant du gaz carbonique sec pendant toute la durée de l'opération. Le tube latéral est réuni à un tube de verre de 1^{cm} de diamètre, long de 25^{cm} environ, rempli d'iode sur une longueur de 3^{cm}, puis d'iodure de calcium. A ce tube fait suite un petit laveur contenant 5^{cm^3} environ de solution iodhydrique; enfin l'appareil se termine par deux laveurs contenant au total environ 100^{cm^3} de solution d'acétate de zinc à 25^g au litre. On introduit dans le ballon 20^g environ d'acide phosphorique (obtenu en réduisant au $\frac{5}{6}$ l'acide à 60° B.), 2^g d'acide phosphoreux, 3^g d'iodure de potassium en poudre et $0^g,2$ environ du sulfate à doser, bien pulvérisé. Quand l'appareil est rempli de gaz carbonique on commence à chauffer le ballon, placé dans un bain d'huile ou d'acide sulfurique.

Voici quelques exemples de dosages effectués par cette méthode :

	Poids.	Trouvé.
Na^2SO^4	g 0,185	g 0,1845
$CaSO^4, 2H^2O$	0,209	0,2086
$CuSO^4, 5H^2O$	0,197	0,1964

Ce procédé permet ainsi de doser l'acide sulfurique des sulfates avec une approximation du $\frac{1}{300}$ environ et par un ensemble de manipulations très simples, sans appareil compliqué. Seul, le sulfate de baryum est attaqué trop lentement pour que nous puissions recommander cette méthode pour son dosage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des dérivés halogénés avec l'éther ββ-diméthylglycidique.* Note de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Haller.

Les éthers glycidiques présentent une grande activité de réaction et se prêtent à un certain nombre de combinaisons d'addition malgré leurs formules de constitution qui en font des corps saturés. Ces considérations m'ont amené à étudier l'action des dérivés organomagnésiens de M. Grignard qui ont déjà conduit à un grand nombre de synthèses et qui pouvaient donner soit des alcools glycidiques, soit des éthers oxhydrylés, soit même des glycols. Malgré de longues et patientes recherches je n'ai pu arriver à aucun résultat positif dans cette voie.

Les dérivés organomagnésiens réagissent bien sur les éthers glycidiques; mais quelles que soient les conditions où je me suis placé, je n'ai pu parvenir à isoler de la réaction des principes définis.

J'ai alors remplacé le magnésium par le zinc, dont les dérivés organométalliques sont moins actifs et ne réagissent pas sur la fonction éther. Les recherches dans cette voie m'ont permis de découvrir une nouvelle réaction générale de condensation entre les dérivés halogénés et les éthers glycidiques dont je n'exposerai ici que les premiers résultats relatifs à l'éther ββ-diméthylglycidique.

Si l'on chauffe dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux un mélange de 72^g (une demi-molécule) d'éther diméthylglycidique, 90^g d'iodure de méthyle, 150^g de toluène et 50^g environ de couple zinc-cuivre à 5 pour 100 (préparé par voie sèche) on ne tarde pas à observer une réaction assez vive, qui s'accompagne de la dissolution du zinc et de la coloration du mélange en vert olive.

Au bout de 3 à 4 heures de chauffe, on verse le tout dans l'eau glacée additionnée d'acide acétique pour dissoudre l'oxyde de zinc ; le liquide qui surnage est lavé à l'eau, au carbonate de soude et séché sur SO^4Na^2. Après avoir chassé le toluène par distillation fractionnée au vide et à l'aide d'une longue colonne Vigreux, le produit de la réaction passe en quelques degrés.

C'est un liquide incolore, à odeur légèrement camphrée, bouillant à 76° sous 20^{mm} et à 172°-173°, à la pression atmosphérique; il est constitué par

un éther qui se saponifie facilement par la soude ou l'eau de baryte. Sa composition centésimale correspond à un simple produit d'addition auquel on pourraît, *a priori*, assigner l'une des deux formules de constitution suivantes :

$$\text{(I)}\quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!\underset{OH}{C} - \underset{CH^3}{CH} - CO^2C^2H^5. \qquad \text{(II)}\quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!\underset{CH^3}{C} - \underset{OH}{CH} - CO^2C^2H^5.$$

Les rendements peuvent atteindre 80 pour 100.

L'étude de cet éther montre qu'il n'a pas du tout la formule de constitution des deux schémas ci-dessus cités, mais qu'il est uniquement constitué par l'éther α-oxy-α-méthylisovalérique de formule

$$\text{(III)}\quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH - \overset{OH}{\underset{CH^3}{C}} - CO^2C^2H^5.$$

La réaction, malgré sa simplicité apparente, est donc accompagnée d'une transposition moléculaire.

En saponifiant en effet cet éther, on obtient un acide cristallisé, fondant à 70° (après deux cristallisations dans le benzène) et distillant sans décomposition à 122°-123° sous 10^{mm}; traité à froid par SO^4H^2 concentré, il dégage de l'oxyde de carbone, ce qui montre, sans doute possible, que le groupe OH est en position α par rapport au groupe CO^2H, comme dans l'acide de l'éther représenté par le schéma (II).

Mais ce dernier acide, qui n'est pas autre chose que l'acide triméthyllactique, est connu. Il a été préparé par Glucksmann et étudié en détail tout dernièrement par M. Richard (1); son point de fusion est de 90°, son éther éthylique bout à 79°-80° sous 16^{mm}; il est donc tout différent de l'acide obtenu qui ne peut être que le corps représenté par la formule (III).

L'acide α-oxy-α-méthylisovalérique a déjà été préparé par Pomeranz et Perkin (2), à l'aide de méthodes toutes différentes, mais son éther éthylique n'était pas connu. [Ce dernier, déshydraté par P^2O^5, en solution dans le

(1) A. Richard, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXI, p. 392.

(2) Pomeranz, *Monatshefte der Chemie*, t. XVIII, p. 577. Cet auteur donne 63° comme point de fusion, ce qui semble prouver que le corps n'était pas rigoureusement pur. — Perkin (*Soc.*, t. LXIX, p. 1486) donne au contraire (75°-77°); ce dérivé peut être un isomère.

benzène, donne l'éther α-isopropylacrylique $(CH^3)^2CH - \underset{\underset{CH^2}{\|}}{C} - CO^2C^2H^5$ bouillant à 150° et dont l'acide est liquide et bout à 190°-191°; il est identique à l'acide obtenu par Ssemenow (¹) en traitant l'acide α-bromo-α-isopropylsuccinique par CO^3Na^2.]

Cette réaction de condensation est générale. Avec l'iodure d'éthyle, j'ai obtenu l'α-oxy-α-éthylisovalérianate d'éthyle, liquide incolore, bouillant à 76° sous 16^{mm} et à 180°-182° à la pression ordinaire; l'acide correspondant fond à 76° et distille sans décomposition à 140° sous 22^{mm}; traité à froid par SO^4H^2 il se décompose en CO et éthylisopropylcétone. Le bromure d'allyle donne également l'éther α-oxy-α-allyle-isovalérique et il est même à remarquer que cette condensation est plus facile qu'avec les iodures précédents; cet éther bout à 90° sous 21^{mm} et à 198°-199° à la pression ordinaire; l'acide fond à 57° et distille sans décomposition à 147° sous 21^{mm}.

Pour expliquer la transposition moléculaire, on peut admettre la transformation préalable de l'éther glycidique en éther pyruvique sous l'influence du dérivé organo-métallique

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C - CH - CO^2C^2H^5 \ (\text{C et CH reliés par } O) \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CH - CO - CO^2C^2H^5.$$

Cet éther se condense ensuite normalement avec le dérivé organozincique R — ZnX agissant sur le groupe CO seul.

Cette supposition trouve un appui dans une remarque qui me paraît très importante; les fractionnements à tête de tous ces éthers donnent, avec la semicarbazide, une semicarbazone cristallisée, fondant à 95°-96° et que j'ai identifiée avec la semicarbazone de l'éther diméthylpyruvique préparée par Bouveault.

Je terminerai en remarquant que cette réaction très générale, qui permet de préparer les acides de formule $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CH - \underset{R}{\overset{OH}{C}} - CO^2H$, conduit également, par déshydratation, aux acides non saturés, puis, par hydrogénation catalytique de ces derniers, aux acides de formule

$$(CH^3)^2 - CH - CHR - CO^2H.$$

(¹) SSEMENOW, *Journ. russ. phys. chim.*, t. XXXI, 1899, p. 1071.

Enfin l'action de l'acide sulfurique à 90 pour 100 donne les cétones du type $(CH^3)^2 - CH - CO - R$. J'espère pouvoir généraliser ces résultats à d'autres éthers glycidiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des chlorures d'acides α-alcoxylés sur les dérivés organométalliques mixtes du zinc.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **L. Picard**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Note, nous avons indiqué les résultats obtenus par action des chlorures d'acides de la forme $R - O - CH^2 - COCl$ sur les dérivés organométalliques mixtes du zinc $R' - Zn - I$. Il nous a paru intéressant de poursuivre l'étude de cette réaction et de l'appliquer au cas des dérivés α-alcoxylés des homologues de l'acide acétique répondant aux formules $R - O - CHR_1 - CO\,Cl$ et $R - O - CR_2^2 - COCl$.

L'action de l'éthylate de sodium sur l'éther α-bromocaproïque fournit, avec un rendement très satisfaisant, l'éther α-éthoxycaproïque. L'acide correspondant, qui bout à 124°,5 sous 10^{mm}, est transformé à peu près quantitativement par le chlorure de thionyle en chlorure d'acide $CH^3 - (CH^2)^3 - CH(O - C^2H^5) - CO\,Cl$ (Éb. 69° sous 9^{mm}). En traitant celui-ci par l'iodure de zinc-éthyle, même à très basse température, on constate qu'il se dégage très sensiblement 1^{mol} d'oxyde de carbone et la réaction fournit exclusivement l'éthoxy-3-heptane

$$CH^3 - (CH^2)^3 - CH(O - C^2H^5) - C^2H^5$$

(liquide bouillant à 151° sous 750^{mm}). Le mécanisme de la réaction est identique à celui que nous avons indiqué dans notre précédente Note. Dans le cas où l'atome de carbone α du chlorure alcoxylé est substitué par un radical, il ne se produit donc plus de composé cétonique et l'éther-oxyde constitue le seul produit isolable de la réaction.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de remarquer qu'on peut ainsi passer d'un alcool primaire à un alcool secondaire homologue à partir des matières premières très facilement abordables. On voit, en effet, que le dédoublement de l'éthoxy-3-heptane conduit à l'alcool

$$CH^3 - (CH^2)^3 - CHOH - C^2H^5$$

(liquide bouillant à 156°,5-157° sous 750^{mm}.) On est donc passé de l'alcool éthylique, correspondant au radical du dérivé organo-métallique, à l'hep-

tanol-3 et, d'une manière générale, on passerait de

$$R - CH^2OH \quad \text{à} \quad R - CHOH - R'.$$

Dans le cas particulier, cette méthode est peut-être d'une mise en œuvre plus simple que celle qui consisterait à condenser le pentanal avec le bromure de magnésium-éthyle, ou le propanal avec l'iodure de magnésium-*n*-butyle.

Les éthers-oxydes dérivés des acides-alcools α à fonction alcoolique tertiaire n'étant pas connus, nous avons dû d'abord chercher pour ces corps une méthode de préparation. On n'arrive à aucun résultat satisfaisant lorsqu'on tente de remplacer l'hydrogène alcoolique par un alcoyle, en employant les méthodes connues. Par contre, nous avons obtenu d'excellents résultats en utilisant le procédé suivant. On sait que le perchlorure de phosphore réagit sur l'oxalate d'éthyle en donnant le dichloro-éthoxy-acétate d'éthyle. Dans ce composé, les deux atomes de chlore sont très mobiles et facilement substituables.

Lorsqu'on le fait réagir sur les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc, ces deux atomes de chlore sont remplacés par deux alcoyles, et l'on obtient ainsi les éthers des acides α-dialcoyl-α-alcoxy-acétiques.

$$\begin{aligned} &C^2H^5 - O - CCl^2 - CO^2C^2H^5 + 2R - Zn - I \\ &\quad = ZnI^2 + ZnCl^2 + C^2H^5 - O - CR^2 - CO^2C^2H^5. \end{aligned}$$

Comme il est presque impossible d'obtenir le dichloroéthoxyacétate d'éthyle exempt d'éther oxalique, le produit brut de la condensation renferme toujours un peu d'oxalate d'éthyle. On élimine très facilement ce dernier éther en agitant le produit brut avec de l'ammoniaque. L'éther oxalique se précipite immédiatement sous forme d'oxamide, tandis que l'éther alcoxylé reste inattaqué. Nous avons pu préparer, par ce procédé, l'acide éthoxydiméthyl- et l'acide éthoxydiéthylacétique.

Le premier de ces corps, $C^2H^5 - O - C(CH^3)^2CO^2H$, bout à 99° sous 14^{mm} (rendement 84 pour 100, et le second, $C^2H^5 - O - C(C^2H^5)^2CO^2H$, à 120°,5 sous 13^{mm} (rendement 85 pour 100).

Malheureusement, dans ces acides, le carboxyle est fort peu stable; aussi ne peuvent-ils être transformés en chlorures d'acides. Le chlorure de thionyle réagit sur eux dès la température ordinaire, en déterminant une décomposition très profonde, accompagnée d'un dégagement d'oxyde de carbone. La masse brunit très rapidement, et il nous a été impossible, malgré de nombreux essais, d'en isoler aucun composé défini.

BOTANIQUE. — *Sur la reproduction du* Debaryomyces globosus *et sur quelques phénomènes de rétrogradation de la sexualité observés chez les levures*. Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons signalé dans une Note précédente l'existence de phénomènes sexuels dans une levure récemment décrite par Klocker sous le nom de *Debaryomyces globosus :* dans cette levure, l'asque dérive de la copulation isogamique de deux cellules. Mais nous avons constaté en même temps que beaucoup d'asques peuvent naître aux dépens de cellules ordinaires sans copulation préalable : la parthénogénèse est donc fréquente et la copulation ne semble pas indispensable. Les recherches que nous avons poursuivies depuis, nous ont montré que cette levure offre une série de phénomènes de rétrogradation de la sexualité qui méritent d'être signalés ici.

Placée dans des conditions favorables à la sporulation, *Debaryomyces globosus* montre un pouvoir sporogène très actif : environ 70 pour 100 des cellules produisent des spores. Dans les phases qui précèdent immédiatement la sporulation, le bourgeonnement se ralentit beaucoup et les cellules destinées à sporuler offrent toutes à peu près les mêmes dimensions. Cependant beaucoup d'entre elles donnent naissance à un ou plusieurs bourgeons qui, sans doute par suite de l'insuffisance d'alimentation, conservent toujours de très petites dimensions : ceux-ci restent généralement attachés à la membrane de la cellule mère. La sporulation succède à ce bourgeonnement. Un certain nombre de cellules subissent alors une copulation isogamique. Celle-ci s'effectue généralement entre les cellules adultes et de même dimension appartenant à une même colonie formée d'un nombre variable de cellules agglomérées ensemble et issues du bourgeonnement d'une même cellule mère. Elle s'opère donc entre deux cellules identiques et parfois très proches parentes.

Les cellules se réunissent deux à deux au moyen d'un canal de copulation dans lequel s'opèrent le mélange cytoplasmique et la fusion nucléaire, puis l'œuf qui résulte de cette copulation conserve la forme d'un haltère dans les renflements duquel naissent les spores au nombre de 1 ou 2.

Cette copulation s'effectue donc exactement comme les *Schizo-* et *Zygosaccharomyces* et, par conséquent, peut être regardée comme la forme de sexualité normale de *Debaryomyces globosus*. Toutefois il n'y a guère que 25 pour 100 des asques qui résultent de ce phénomène. Tous les autres dérivent soit de la transformation directe d'une cellule ordinaire en asque, sans qu'aucun acte sexuel n'intervienne, soit d'un mode de copulation qu'on peut considérer comme anormal. Dans le premier cas, ce sont des cellules ordinaires qui sporulent ou, plus souvent, des cellules pourvues d'une sorte de diverticule et ont, par conséquent, cherché à copuler sans y parvenir. Dans le second cas, qui est de beaucoup plus fréquent, les cellules subissent une copulation

anormale difficile à décéler et qui, jusqu'ici, n'avait pas attiré notre attention. Ils résultent de la fusion d'une cellule mère avec un minuscule bourgeon formé par cette dernière pendant le bourgeonnement qui précède la sporulation. Le phénomène s'accomplit de la manière suivante : une cellule adulte donne naissance à un ou plusieurs bourgeons qui restent attachés à sa membrane. La cellule mère émet bientôt un petit bec qui se soude à la partie latérale du bourgeon et les deux cellules communiquent bientôt par un canal de copulation. La cloison qui les sépare au milieu de ce canal se résorbe et tout le contenu du petit bourgeon passe dans la cellule mère où s'opère la fusion nucléaire et le mélange cytoplasmique.

Que signifient ces formes anormales de sexualité? La première idée qui vient à l'esprit est que cette copulation se produit dans les cellules qui, par suite d'une circonstance accidentelle, se trouvent éloignées de leurs congénères ou environnées de cellules asporogènes et sont ainsi réduites à copuler avec l'un des minuscules bourgeons qu'elles viennent de former. Mais une observation attentive montre que ces copulations anormales peuvent se produire dans les colonies formées de plusieurs cellules sporogènes adultes et que les cellules qui copulent de cette manière auraient pu par conséquent aussi bien s'anastomoser avec l'une de ces cellules. Sans vouloir pour l'instant résoudre cette question délicate, remarquons que l'examen de la sporulation de *Deb. globosus* en gouttelettes pendantes, montre que la copulation ne s'effectue qu'avec une certaine difficulté. C'est ainsi que, souvent, on rencontre des cellules qui émettent des diverticules qui se dirigent dans le même sens, se rejoignent, puis une fois parvenus au contact l'un de l'autre, continuent à s'allonger en s'entre-croisant ou en se bifurquant, sans réussir à s'anastomoser. Dès lors, deux hypothèses se présentent : ou bien la copulation normale est enrayée par un affaiblissement de l'attraction sexuelle, ou bien, ce qui semble moins probable, la levure offre un dimorphisme sexuel analogue à celui qui a été observé par Blakeslee dans les Mucorinées et la copulation est rendue difficile par suite de la prédominance d'un sexe sur l'autre. Quoi qu'il en soit, *Deb. globosus* présente une série de phénomènes de rétrogradation de la sexualité, accusés par la fréquence de la parthénogenèse et des copulations anormales et il semble que ces dernières soient plus ou moins comparables aux processus que Hartmann et un certain nombre de biologistes ont récemment désignés sous le nom de *parthénogamie*, c'est-à-dire à des phénomènes qui compensent la sexualité normale tendant à disparaître. Cette levure nous offre donc un intermédiaire très intéressant entre les *Schizo-* et *Zygosaccharomyces* où la copulation est à peu près générale et les levures ordinaires qui n'offrent pas de sexualité.

Mais entre *Deb. globosus* et de ces dernières, il existe des formes de transition encore plus marquées. C'est ainsi que nous avons fait connaître antérieurement une autre levure également décrite par Klöcker, le *Schwanniomyces occidentalis* qui a définitivement perdu sa sexualité et qui néanmoins conserve des vestiges d'attraction sexuelle caractérisés par le fait que les cellules destinées à sporuler émettent des diverticules au moyen desquels elles cherchent à se réunir deux à deux, sans toutefois réussir à copuler. Depuis, les travaux récents de L. Rose et Dombrowski ont apporté une intéressante confirmation à nos observations et ont montré que ces phénomènes se retrouvent dans plusieurs autres levures nouvelles. M. Rose a eu l'obligeance de nous communiquer une culture de l'une de ces levures, provisoirement désignées sous le

nom de *levure E*, ce qui nous a permis de reprendre et de compléter l'étude de cette espèce. Nous nous bornerons à résumer ici le plus rapidement possible les résultats de nos observations, nous réservant d'y revenir dans une autre Note. La *levure E* forme peu de spores et il semble que son pouvoir sporogène soit en voie d'extinction. Cependant, lorsqu'on la place dans les conditions qui déterminent la sporulation, on constate que la plupart des cellules forment des diverticules au moyen desquels elles essayent de s'anastomoser deux à deux; quelques-unes parviennent à se réunir, mais jamais on ne constate de résorption de la cloison mitoyenne qui les sépare au milieu du canal de copulation. En aucun cas, il ne se produit donc de fusion. Les autres qui sont les plus nombreuses n'arrivent pas à se réunir, soit que leurs diverticules se dirigent en sens inverse, soit qu'ils s'entre-croisent sans s'accoler. Il n'y a guère qu'environ 28 pour 100 de ces cellules qui sporulent, toutes les autres sont destinées à dégénérer.

Ces observations montrent donc que les levures constituent un des plus beaux exemples que l'on connaisse d'un groupe en voie d'évolution vers la parthénogénèse où l'on trouve une série de formes caractérisées par rétrogradation progressive de la sexualité aboutissant en dernier lieu à la disparition complète de ce phénomène.

Les levures sont tout à fait comparables à ce point de vue aux Saprolégniées, chez lesquelles de Bary a fait connaître depuis longtemps des processus de même ordre.

BOTANIQUE. — *De l'influence de l'acidité sur la germination.* Note de M^lle^ **G. Promsy**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'acidité du milieu est ordinairement considérée comme une condition défavorable pour la germination des graines. MM. Claudel et Crochetelle [1] notamment sont très affirmatifs à cet égard : les meilleurs engrais, disent ces auteurs, que l'on puisse fournir aux jeunes plantules sont ceux, qui, comme la chaux, les scories, le purin, agissent en neutralisant les acides qui apparaissent dans ces plantules pendant la germination.

A la suite des recherches que nous avons entreprises depuis quelque temps déjà, il ne nous semble pas que cette théorie puisse être intégralement adoptée : il est, en général, si peu nécessaire que le milieu fournisse à la toute jeune plante des substances qui neutralisent son contenu cellulaire que

---

(1) Claudel et Crochetelle, *Influence de quelques substances employées comme engrais sur la germination* (*Annales agronomiques*, 1896).

l'apport d'acides organiques pendant toute la période germinative accélère au contraire, la plupart du temps, le développement.

On sait que d'après MM. Mangin, Purjewicz, Astruc, Gerber, ces acides organiques ont pour effet, chez des organes très divers, et chez les moisissures comme chez les plantes supérieures, d'élever le quotient respiratoire.

Toutefois l'influence de ces acides, sur les graines en particulier, n'a pas, croyons-nous, été recherchée jusqu'alors, et c'est précisément en faisant des essais dans ce sens que nous avons été amenée à constater les résultats que nous allons indiquer.

Nous avons fait germer des graines dans du sable de Fontainebleau, mais tantôt ces graines avaient été au préalable trempées, pendant 24 ou 48 heures, dans une solution déterminée d'un acide organique, et tantôt le sable a été arrosé avec la même solution.

Dans les deux cas, l'absorption de l'acide et sa décomposition sont bien prouvées par les modifications de la respiration.

1° Une solution d'*acide citrique* à 0,5 pour 1000 a élevé le quotient respiratoire : de 0,69 à 0,94 dans des graines de piment; de 0,72 à 0,94 dans des graines de tomate; de 0,76 à 1,11 dans des graines d'un *Dioscorea* (*n'dra*) de Madagascar; de 0,63 à 1,11 dans des graines d'*Elæis guineensis*; de 0,76 à 0,86 dans des grains de blé.

2° Une solution du même acide à 1 pour 1000 a élevé le même quotient de 0,63 à 1,16 dans les graines d'*Elæis guineensis*; une solution à 2,5 pour 1000 l'a élevé à 1,54.

3° A des doses plus fortes, le quotient s'est élevé encore pendant quelque temps (1,08 pour des graines de tomate avec une solution à 3 pour 1000; 1,02 à 5 pour 1000), mais il s'est abaissé ensuite, en revenant à sa valeur normale (0,72 à 5 pour 100).

Il y a donc un optimum d'acidité.

4° *L'acide malique* a élevé le quotient : de 0,72 à 0,93 dans des graines de tomate à la dose de 0,5 pour 1000, à 0,91 dans les mêmes graines à 2,5 pour 1000; de 0,87 à 1,24 dans des graines de maïs à la dose de 0,5 pour 1000.

5° Avec l'*acide oxalique*, on obtient pour le blé 1,3 au lieu de 0,85 quand la solution est de 2,5 pour 1000, et pour les tomates 1,04 au lieu de 0,87 quand la concentration est de 1 pour 1000.

6° En même temps que, sous l'influence des solutions précédentes, le quotient respiratoire s'élève ainsi, l'intensité de la respiration (déterminée d'après les quantités de CO^2 émises) augmente.

7° Tout ceci est vrai du moins quand les acides fournis sont des acides organiques, car les acides minéraux (acide sulfurique, acide chlorhydrique) ne modifient pas le quotient.

8° Il semble bien, d'autre part, qu'il ne faille pas trop vite généraliser et qu'il y a des différences spécifiques. Ainsi, tandis que le quotient est devenu plus grand dans

les graines oléagineuses de l'*Elæis guineensis*, nous ne l'avons pas vu jusqu'alors se modifier dans les graines de ricin.

Mais, tous ces faits constatés, il devient intéressant de rechercher l'effet que peuvent produire sur le développement de la plante ces acides dont la présence retentit ainsi sur la nature et l'intensité du phénomène respiratoire.

Or, non seulement les plantules soumises à l'action des acides s'accroissent plus rapidement que les autres, mais leur poids frais ainsi que leur poids sec sont plus élevés si on les détermine après la fin de la période germinative et quand les plantes sont vertes. Les acides organiques sont donc au nombre des substances qui peuvent contribuer à la nutrition de ces plantes.

Le rapport du poids frais d'une plantule de blé élevée en présence d'une solution d'acide citrique à 0,5 pour 1000 au poids frais d'une plantule élevée dans l'eau est de 1,19; le rapport des poids secs de ces deux mêmes plantules est de 1,15. Lorsque la solution du même acide est de 1 pour 1000, les deux rapports correspondants pour des plantules de tomate sont de 1,51 et 1,47.

Résultats analogues avec les acides tartrique, malique, acétique et oxalique. Avec les acides minéraux par contre (acide sulfurique et acide chlorhydrique), les poids frais s'élèvent, mais les poids secs restent les mêmes.

On voit qu'il y a bien, comme nous le disions au début, une accélération de la germination, tant au point de vue des dimensions qu'au point de vue du poids des plantules, sous l'influence de certaines doses d'acides organiques. Cette influence est, du reste, plus ou moins grande, suivant les graines et peut même parfois (quoique plutôt rarement) être nulle; elle varie aussi pour chaque espèce avec les acides organiques employés.

Dans ces conditions, l'action également favorable de certaines substances basiques, antérieurement constatées, ne peut pas être attribuée au fait de la neutralisation de l'acidité de la plantule.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'excrétion des substances minérales et organiques par les racines et les stomates aquifères.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. E. Roux.

Les éléments minéraux qui forment les cendres végétales présentent des rapports quantitatifs différents de ceux qui existent entre eux dans les composés offerts à la plante.

Liebig attribuait déjà cette anomalie à l'existence d'une fonction d'excrétion chez les racines qui permet le retour à la terre des éléments inutilisables ou inutilisés; mais le passage de ces éléments de la racine au sol n'a pas été établi par l'expérience.

Pour le démontrer, j'ai cultivé des plants de maïs à l'abri des microbes dans les solutions minérales suivantes, chauffées à 120° et placées dans des flacons bitubulés de 3^{l}.

Solution S. P.		Solution A.	Solution B.
Nitrate de sodium...........	1	2,125	»
Sulfate d'ammonium........	0,25	0,4	»
Phosphate bipotassique......	1	1	1
Sulfate de magnésium.......	0,2	»	0,4
Sulfate ferreux..............	0,1	traces	traces
Chlorure de manganèse......	0,05	»	»
Chlorure de zinc............	traces	»	»
Silicate de potassium........	traces	»	»
Carbonate de calcium........	2	»	»
Eau.......................	1000	1000	1000
Carbonate de magnésium.....	»	1	1
Nitrate d'ammonium........	»	»	1,275

Les plantes développées dans la solution S. P., jusqu'à épuisement à peu près complet de la liqueur en azote alimentaire, sont partagées en deux lots qui reçoivent respectivement les solutions A et B, au fur et à mesure que l'exigent les pertes causées par la transpiration.

A la fin de l'expérience, c'est-à-dire après la floraison et l'avortement des graines sous l'influence de la concentration des liquides résiduels, la réaction des solutions est la suivante :

TABLEAU I.

Numéros.	Poids sec de la plante.	Volume du liquide restant.	Alcalinité en NaOH par litre.	Acidité en SO^4H^2 par litre.
		Solution A.		
1.........	31,82 g	560 cm³	0,192 g	»
2.........	28,735	660	0,171	»
3.........	21,341	460	0,530	»
4.........	41,54	460	0,800	»
5.........	69,211	2600	0,336	»

TABLEAU I (*suite*).

Numéros	Poids sec de la plante.	Volume du liquide restant.	Alcalinité en NaOH par litre.	Acidité en SO^4H^2 par litre.
		Solution B.		
6.........	42,12 g	530 cm³	»	0,999 g
7.........	30,42	370	»	0,392
8.........	38,46	570	»	0,835
9.........	18,90	750	»	1,444

Les solutions S. P., A et B sont primitivement acides à la phénolphtaléine, malgré la présence du carbonate de calcium en excès; l'alcalinité des liquides résiduels ne donne donc pas la quantité réelle de bases mises en liberté; par contre, les chiffres qui expriment leur acidité sont supérieurs aux chiffres exacts.

Ces résultats ne prouvent pas que les acides ou les bases mis en liberté ont été absorbés et éliminés ensuite par les racines. Il est nécessaire de montrer par des expériences directes qu'il en est bien ainsi.

Des pieds de maïs d'un poids sec de 10g à 12g environ, développés dans la solution S. P., sont privés de cette solution et les racines lavées à l'eau distillée stérile dans le flacon même; on y introduit alors les solutions suivantes préalablement stérilisées à 120° :

I.	Eau distillée........................	1000
	Carbonate de calcium.................	2
II.	Eau distillée........................	1000
	Nitrate de sodium....................	1
	Carbonate de calcium.................	2
III.	Eau distillée........................	1000
	Phosphate bipotassique...............	1
	Carbonate de calcium.................	2

Les résultats fournis par les trois pieds de maïs traités de cette manière sont consignés dans le Tableau suivant, la durée de l'expérience étant comptée à partir du moment où la solution S. P. a été remplacée par les solutions I, II, III, les plantes étant âgées de 41 jours.

Solutions.	Durée de l'expérience en jours.	Poids sec des plantes.	Volume du liquide résiduel.	Alcalinité NaOH par litre.	Extrait au rouge par litre en grammes.	Cendres pour 100. Tiges.	Feuilles.
		g	cm³				
I...........	18	30,59	300	neutre	0,134	2,87	6,82
II...........	58	16,456	570	0g,140	5,902	7,32	8,80
III..........	58	7,564	1320	0g,600	2,075	16,83	15,30
S. P. Témoin I.	52	14,798	»	»	»	25,18	13,89

Les extraits au rouge renferment des chlorures, des sulfates de magnésie, de fer, de zinc; l'alcalinité finale de la solution III résulte de la double décomposition qui s'effectue entre le phosphate de potassium et le carbonate de calcium à l'autoclave; l'alcalinité finale de la solution II provient de l'assimilation de l'acide nitrique, car la plante a gagné du poids, et la solution II ne s'est pas alcalinisée sous l'influence du chauffage. Les teneurs en cendres de la plante III (tiges) et du témoin développé dans la même solution S. P. montrent que la plante III, qui n'a pas gagné de poids, s'est appauvrie en matières minérales.

Les racines laissent diffuser également des substances organiques. Les sucres et l'acide maliques sont faciles à mettre en évidence. La plus forte dose de sucre (destrose caractérisé par son osazone) obtenue pendant l'été de 1909, dans les solutions S. P., a été fournie par un pied de maïs de 14g,798 à l'état sec; la solution nutritive était réduite à 150cm³ et renfermait 57mg de sucre réducteur, la plante entière en contenait 231mg,5. L'examen de la solution a été fait le 8 août après 8 jours consécutifs de beau temps.

Toutes les solutions qui s'alcalinisent renferment du malate de soude; c'est donc l'acide malique qui neutralise la soude mise en liberté par l'assimilation de l'acide nitrique; mais comme la sève reste acide, il faut admettre que l'acide malique, qui est un aliment pour les végétaux, est brûlé par les racines; si la base en excès était la chaux, les racines se seraient incrustées de carbonate calcique.

Une autre cause de variation de la teneur des végétaux en cendres réside dans l'élimination des substances minérales par les pleurs des feuilles. L'eau recueillie sur les feuilles, le soir et le matin, renferme des chlorures, des sulfates de chaux et de magnésie, de l'acide nitrique et de l'ammoniaque des matières organiques. Les pleurs sont plus abondantes après une journée ensoleillée qu'à la suite d'un jour pluvieux. On peut provoquer la formation des pleurs en transportant les plantes d'un endroit bien éclairé dans une chambre noire.

On voit donc que l'élimination des substances minérales inutilisées, par les racines et par les feuilles, modifie à chaque instant la composition des cendres végétales, tout en rendant possible l'augmentation ou la diminution de leur poids absolu, suivant l'importance de l'absorption.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution expérimentale à la physiologie du sommeil.* Note (¹) de MM. **R. Legendre** et **H. Piéron**, présentée par M. A. Dastre.

Au bout de six années de recherches physiologiques et histologiques sur la difficile question du mécanisme du sommeil, au cours desquelles furent réalisées des expériences avec plus de soixante animaux et examinées de très nombreuses préparations histologiques, nous avons été conduits à des résultats positifs dont nous donnons ci-dessous un bref résumé (²).

La méthode. — Pour rechercher les causes physiologiques du sommeil normal, il est nécessaire d'augmenter le besoin de sommeil qui doit dépendre de l'intensité d'action de ces causes. Aussi a-t-il fallu contraindre des animaux à une insomnie prolongée, jusqu'à ce que le besoin de sommeil devînt réellement impérieux, ce qui s'obtient au bout de 8 à 10 jours en moyenne.

La nécessité de faire appel, pour ces phénomènes délicats, à des animaux supérieurs et l'impossibilité pratique d'employer des singes ont été conciliées par l'utilisation de chiens comme animaux d'expérience.

La privation de sommeil ne fut jamais corrélative de fatigue musculaire : promenés la nuit, ces chiens pouvaient s'asseoir (mais non se coucher) dans la journée, et de fréquentes excitations les empêchaient de s'abandonner au sommeil.

Les résultats de la privation de sommeil. — Ainsi soumis à l'insomnie, un chien continue à bien se porter, garde en général son appétit; son poids ne diminue que de peu, sa température reste normale, et ses échanges respiratoires ne subissent aucune variation systématique. La teneur en acide carbonique du sang n'augmente pas, ni la quantité d'eau ne diminue. La teneur en eau, aussi bien de la substance blanche que de la substance grise du cerveau, reste normale.

Le besoin impérieux de sommeil se manifeste par l'incapacité que présente l'animal de garder plusieurs secondes de suite ses yeux ouverts, et par les fléchissements fréquents des pattes antérieures dont le tonus ne peut être maintenu; l'attention sensorielle est également très passagère et il faut des excitations plus intenses pour provoquer des réactions.

(¹) Présentée dans la séance du 6 février 1911.

(²) Cf. H. Piéron, *C. R. Soc. de Biologie*, t. LXII, p. 307, 342, 400 et 1005. — R. Legendre et H. Piéron, *Ibid.*, t. LXII, p. 312 et 1007; t. LXIV, p. 1102; t. LXVIII, p. 962, 1014, 1077 et 1108.

Chez tous les animaux présentant ce besoin impérieux de sommeil, on rencontre des altérations cellulaires, exclusivement localisées dans le lobe frontal, les autres lobes du cerveau, le cervelet, la bulbe, la moelle, les ganglions spinaux restant parfaitement normaux. Dans ce lobe même, les seules cellules atteintes sont les grandes pyramidales et les polymorphes. Leur corps cellulaire est diminué, souvent déformé et vacuolisé; on observe des varicosités dendritiques d'aspect vacuolaire; le noyau et le nucléole sont souvent excentriques, le nucléole est parfois double; il y a chromatolyse d'une façon constante; enfin la neurophagie n'est point rare.

Lorsqu'un animal, parvenu au besoin impérieux de sommeil, est laissé libre de dormir à son gré, toutes les altérations ci-dessus indiquées disparaissent complètement.

Les altérations cellulaires de l'insomnie et le besoin impérieux de sommeil peuvent être transmis d'un animal insomnique à un animal normal. — En injectant, dans une veine, à un chien normal, du sérum sanguin provenant d'un chien insomnique, on n'obtient pas au point de vue physiologique des résultats bien nets, lorsqu'on examine par comparaison un chien témoin recevant, par kilogramme, une égale quantité de sérum normal; mais de légères altérations apparaissent dans le lobe frontal. Il en est de même lorsqu'on injecte de l'émulsion cérébrale d'un animal insomnique, l'émulsion d'un animal normal ne provoquant, pas plus que le sérum normal, de modification des cellules cérébrales.

Lorsque les injections sont faites, à raison de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} par kilogramme, dans le quatrième ventricule, par voie occipito-atlantoïdienne, de manière à mettre directement en contact les liquides injectés avec les centres nerveux, et à condition de prélever d'abord une quantité de liquide céphalo-rachidien égale à celle du liquide à injecter, pour éviter les phénomènes de compression (se traduisant par de la somnolence), on obtient alors des résultats physiologiques d'une grande netteté : Au bout d'un temps variable après l'injection, une demi-heure en moyenne, il se manifeste un engourdissement progressif auquel l'animal cherche à résister; il ne se couche pas, mais ses membres fléchissent par moment et il se ressaisit de façon passagère; les yeux ne peuvent rester ouverts; l'attention est difficilement obtenue et ne dure pas; des réactions ne se produisent que pour des excitations de très grande intensité. On obtient ces résultats, aussi bien par injection de sérum que de plasma cérébral ou de liquide céphalo-rachidien; mais ce dernier produit les altérations histologiques les plus intenses et les phénomènes physiologiques les plus nets. Les mêmes injections, avec des liquides empruntés à un chien normal, ne provoquent rien de tel. Histologiquement, dans le second cas, le cerveau reste entièrement normal, tandis que, dans le premier, on constate les altérations cellulaires caractéristiques de l'insomnie, localisées dans les grandes pyramidales et les polymorphes du lobe frontal, et dont l'intensité est en rapport avec celle des phénomènes physiologiques.

Pour nous rendre compte de la nature des propriétés hypnotoxiques ainsi mises en évidence, nous avons injecté à des chiens, soit le produit de la dialyse de liquides d'animaux insomniques, soit ces mêmes liquides chauffés à 65°. Ces injections n'ont provoqué ni besoin de sommeil ni lésions localisées.

Ces expériences nous permettent de conclure qu'il existe, dans le plasma

cérébral, le sang et surtout le liquide céphalo-rachidien des chiens soumis à l'insomnie, une propriété hypnotoxique, disparaissant par chauffage à 65°, qui provoque à la fois le besoin impérieux de sommeil et les altérations cellulaires correspondantes, localisées dans les grandes pyramidales et les cellules polymorphes du lobe frontal.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'autolyse musculaire d'origine pathologique.* Note de M. **M. Piettre**, présentée par M. A. Dastre.

Dans ces dernières années les phénomènes autolytiques ont attiré vivement l'attention des chercheurs. En physiologie générale ils ont donné lieu à des travaux nombreux et presque tous les parenchymes, sauf le tissu musculaire, ont été étudiés à ce point de vue.

En inspection des viandes, les vétérinaires rencontrent fréquemment des modifications autolytiques dont les muscles sont le siège. Aux Halles centrales nous avons eu l'occasion d'en voir et d'en préciser la nature.

I. Normalement le muscle provenant d'un animal sacrifié en pleine santé et qui est conservé dans des conditions moyennes de température, d'état hygrométrique et d'asepsie, subit une série de changements physiques. Bientôt après la mort il devient bientôt dur, ferme, c'est la rigidité cadavérique; puis de nouveau apparaît un ramollissement progressif qui peut aller plus ou moins loin dans la voie de la désorganisation histologique.

Dans certains cas pathologiques, d'ailleurs mal connus, ce tableau se trouve nettement modifié, surtout en ce qui concerne la période de rigidité; elle s'établit lentement et sa durée est souvent fort courte.

Si l'on compare le muscle, *normal* et *pathologique*, après 24 heures d'abatage, par exemple, on constate des différences très profondes.

Le muscle sain a conservé sa forme fonctionnelle et sa consistance habituelle; sur une coupe sa surface est lisse, brillante, nacrée, ne laissant écouler aucune sérosité; sa coloration est rosée, uniforme, son odeur légèrement lactique.

Le muscle dans certaines conditions pathologiques est au contraire mou et flasque. La coupe est humide, suintante, laissant écouler au bout de quelques instants une sérosité rosée à peine trouble. Sous la moindre pression cette exsudation est immédiate, abondante. Les surfaces transversales paraissent pointillées, dépolies, les surfaces longitudinales tomentueuses, ondulées. La coloration surtout est très irrégulière et subit des variations très rapides et très frappantes; d'abord terne, grisâtre, elle rougit au contact de l'oxygène de l'air, mais avec des intensités différentes suivant des plages plus ou moins étendues. Aussitôt la coupe faite on perçoit des odeurs aliacées, de

pomme de reinette; elles sont d'ailleurs très fugaces. La texture est profondément modifiée, les fibres ont perdu toute résistance, de faibles pressions la réduisent en pulpe rougeâtre.

Le caractère dominant de ce muscle pathologique est avant tout une *exsudation* facile, abondante. Les autres sont secondaires et en dérivent.

L'importance de ce phénomène ressort des expériences suivantes indiquant les volumes, en centimètres cubes, de sérosité obtenue sur 250g de muscle après 3 heures de pression :

	Muscle normal.	Muscle fermenté.
Bovidé adulte	23 27 29	50 75 75 70 84
Veau	37 40 29	76 61 84 83 83

II. Quelle est l'origine de cette exsudation anormale?

Pour les auteurs elle résulterait d'une filtration d'origine vasculaire sous l'influence de bactéries ayant pénétré dans l'organisme au niveau de l'intestin, pendant la période agonique. Or nos expériences nous ont permis de constater que malgré l'importance de la prise d'essai (1g de matière) ces muscles pathologiques sont fréquemment stériles.

Lorsque les cultures sont positives il s'agit toujours de bactéries d'espèces variées et, le plus souvent, non pathogènes.

Ces observations nous ont conduit à conclure qu'il s'agit de phénomènes autolytiques et non microbiens.

La démonstration a consisté à doser dans cette sérosité un élément accessible à l'analyse et à en comparer la proportion à celle du muscle normal.

On prélève 250g de muscle dans le groupe des adducteurs de la cuisse, on les broie rapidement et l'on soumet à la presse. On dose le chlore à l'état de $AgCl$ sur l'extrait qui est calciné au rouge naissant.

Voici les résultats obtenus :

	NaCl pour 100 de sérosité. Muscle normal.	Muscle fermenté.
Bovidé adulte	0,092 0,135	0,172 0,070 0,138
Veau	0,078 0,105	0,134 0,110 0,091 0,192 0,058

La proportion en NaCl est donc sensiblement la même.

En outre la présence de sérum sanguin apporterait une perturbation très notable.

III. En même temps que le NaCl nous avons mesuré l'acidité de la sérosité musculaire dans les deux cas en la rapportant à 100^{cm^3}.

Cette sérosité est additionnée de son volume d'alcool éthylique absolu. Après 1 ou 2 heures de contact le précipité d'abord floconneux est devenu grenu. On filtre sur trompe. Dans le liquide incolore on verse de la soude $\frac{N}{10}$ en présence de phtaléine.

	Moyenne des acidités en SO^4H^2, sur 20 expériences. Muscle normal.	Muscle fermenté.
Bovidé adulte	0,7825	2,317
Veau	0,3778	0,3517

L'acidité est donc légèrement diminuée dans le cas du muscle pathologique.

La concentration de la liqueur ainsi déféquée par l'alcool permet d'obtenir la créatine à l'état cristallisé.

On récolte de très beaux cristaux qui perdent de l'eau aux environs de 100° en donnant une poudre blanc de craie, puis brûlent en un charbon foisonnant sans laisser de cendres.

100^{cm^3} de sérosité musculaire ont donné :

Muscle sain (bovidé).	Muscle fermenté.
0,162	0,275
0,201	0,388
	0,492

Cette méthode évite l'emploi des déféquants minéraux, sels de plomb, mercure.

IV. On retrouve ces caractères du muscle fermenté chez tous les animaux de boucherie.

Les causes en sont inconnues. Le muscle fermenté est fréquent dans les affections des voies digestives, surtout de l'intestin. Au niveau de ces organes, les produits de fermentations secondaires, résorbés et transportés par la circulation au contact des fibres musculaires, pourraient en modifier l'équilibre osmotique.

Les injections d'acide lactique, un des produits les plus fréquents de ces fermentations secondaires, ne nous ont donné jusqu'ici aucun résultat intéressant.

Pour caractériser cet état bien particulier de ce muscle pathologique, nous avons proposé de l'appeler muscle *fermenté*, terme qui ne préjuge en rien des changements intimes dont il est le siège, changements qui se traduisent par une expressibilité remarquable de la sérosité myoplasmatique.

ZOOLOGIE. — *Un Bdellouride non parasite des mers antarctiques.* Note de M. **Paul Hallez**, présentée par M. Yves Delage.

Les espèces des genres *Bdelloura* Leidy et *Syncœlidium* Wheeler, qui constituent la famille des Bdellourides, sont ectoparasites de *Limulus*, genre confiné dans l'hémisphère boréal et ne paraissant pas s'élever au delà du 44e degré de latitude Nord. Il est intéressant de constater la présence d'un représentant de ce groupe, vivant en liberté, dans les mers antarctiques. Pendant la deuxième expédition du Dr Charcot, le Dr Liouville a recueilli à l'île Petermann, sous les galets, par $0^m,50$ de fond, trois individus d'une couleur gris de zinc pâle qui a viré au brunâtre sur les individus conservés, dont l'étude m'a été confiée. La longueur maxima de ces derniers n'atteint pas 5^{mm} et leur largeur à l'arrière ne dépasse pas 4^{mm};

l'extrémité antérieure, arrondie comme la postérieure mais un peu moins large sur le vivant, est atténuée sur les exemplaires conservés. Ils ont deux yeux mais pas de tentacules; la bouche se trouve vers le commencement du quatrième quart du corps. Par l'absence d'un disque adhésif postérieur, ils se rapprochent plutôt de *Syncœlidium* que de *Bdelloura*. Je me bornerai, dans cette courte Note, à indiquer les caractères, qui me forcent à créer un nouveau genre pour cette espèce.

Le principal caractère concerne les réceptacles séminaux. Les ovaires, situés immédiatement en arrière du cerveau, présentent, sur leur bord externe, un large entonnoir cilié, d'un diamètre de 110$^{\mu}$ à 120$^{\mu}$, duquel sort un canal cilié, qui s'étend transversalement sous l'ovaire et se sépare aussitôt en deux canaux distincts. L'un, l'externe, est l'oviducte qui prend une direction transversale oblique, passe au-dessus du tronc nerveux longitudinal, devient latéral et se dirige en arrière presque jusqu'à l'extrémité postérieure du corps, recevant les vitelloductes sur son parcours. L'autre, l'interne, se dirige vers la ligne médiane où il s'accole à celui venant de l'autre côté du corps, et tous deux descendent côte à côte en suivant le bord ventral de la branche intestinale médiane impaire. Vers le milieu du corps, ils s'écartent l'un de l'autre, passant l'un à droite, l'autre à gauche de la branche intestinale impaire à laquelle ils restent plus ou moins adjacents, jusqu'au point d'insertion du pharynx où commencent les deux branches intestinales paires postérieures. Chaque canal suit alors le bord ventral de la branche intestinale correspondante jusque vers l'extrémité postérieure où il s'ouvre au dehors par un pore vaginal étroit. Sur toute la longueur de la région pharyngienne, ces canaux sont très sinueux. Les deux pores vaginaux sont presque sur la même ligne que le pore génital médian et à une distance de celui-ci égale à 60$^{\mu}$ dans un exemplaire, à 80$^{\mu}$ dans l'autre. Ces canaux sont les réceptacles séminaux. Ils contiennent des spermatozoïdes, sauf à leurs deux extrémités; en avant, des spermatozoïdes se rencontrent jusqu'au point où les canaux prennent une direction transversale pour rejoindre les oviductes, c'est-à-dire presque jusqu'aux ovaires. Leur diamètre est de 120$^{\mu}$, sauf vers l'orifice externe et près de l'ovaire où le canal d'union n'a qu'une largeur de 12$^{\mu}$.

Cette disposition, qui n'est réalisée dans aucune autre forme connue, est absolument différente de celle signalée chez *Syncœlidium* par Wheeler et de celle décrite par L. Böhmig chez *Bdelloura*. Pour rappeler ces deux longs canalicules caractéristiques et pour les opposer aux deux petits ventricules qu'exprime le mot *Syncœlidium*, je désigne ce nouveau genre sous le nom de *Synsiphonium* et je dédie l'espèce au D^{r} Liouville (*Synsiph. Liouvilli*).

L'appareil copulateur mâle, situé en arrière de la gaine pharyngienne dont il est séparé par un intervalle de 300$^{\mu}$ à 350$^{\mu}$, comprend un bulbe basal sphérique volumineux, d'un diamètre de 300$^{\mu}$ à 320$^{\mu}$, solidement fixé au mésenchyme et aux branches

intestinales paires postérieures par des faisceaux de fibres qui convergent vers la base du bulbe. Ce bulbe est traversé, en son centre, par les deux canaux déférents qui ne sont séparés l'un de l'autre que par une mince cloison musculaire et ont en outre un étui musculaire commun. A la périphérie du bulbe se trouvent des cavités très irrégulières, tapissées par un épithélium et recevant la sécrétion des glandes du pénis. Ces cavités convergent toutes et se réunissent entre elles et avec les deux canaux déférents vers l'extrémité distale du bulbe où s'insère le pénis, pour former le canal éjaculateur. Il n'y a pas de vésicule séminale. Le pénis est un petit cône, en forme de mucron, long de 120$^{\mu}$ et large de 40$^{\mu}$ à sa base, libre dans un vaste atrium génital.

L'appareil copulateur et l'atrium sont disposés longitudinalement. A sa partie postérieure, l'atrium se met en communication avec l'extérieur par un canal oblique d'avant en arrière. Dans l'atrium aboutit aussi, à sa partie postérieure, un autre canal (oviducte commun) dans lequel s'ouvrent des glandes unicellulaires et les deux oviductes, l'un à droite, l'autre à gauche. En arrière de l'orifice des oviductes et communiquant avec l'oviducte commun, se trouve un cœcum d'une longueur de 180$^{\mu}$. Par ses connexions, ce cœcum représente évidemment un utérus très rudimentaire, organe complètement absent chez *Bdelloura* et *Syncœlidium*.

Les testicules sont nombreux, ventraux; ils s'étendent depuis les ovaires jusque vers l'origine de l'organe copulateur, disposés sur 3 à 5 rangs de chaque côté du corps.

Les lécithogènes, situés entre les lobes de l'intestin, s'étendent dorsalement depuis les ovaires jusque presque l'extrémité postérieure du corps.

La branche intestinale impaire porte environ onze rameaux secondaires de chaque côté; les branches paires postérieures en portent un nombre à peu près égal sur leur bord externe; elles ne s'unissent pas l'une à l'autre. Les rameaux secondaires sont lobés et, au moins dans la partie antérieure du corps, l'intestin est nettement dendrocœlique. Le pharynx est cylindrique et sa gaine se prolonge un peu en arrière de la bouche. Les organes sont disposés dans l'ordre suivant de chaque côté de la ligne médiane du corps; canaux déférents, réceptacles séminaux et pores vaginaux, nerfs longitudinaux, oviductes. Epiderme sans rhabdites comme chez les autres Bdellourides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le ferment bulgare*. Note de M. **Jean Effront**, présentée par M. L. Maquenne.

De la lactobacilline destinée à l'usage médical, nous avons isolé une bactérie qui fournit un travail protéolytique très intense.

A propos de la Note parue dans les *Comptes rendus* [1], M. Bertrand attire l'attention sur la non identité du travail chimique de cette bactérie avec celui qui est produit par le ferment classé à l'Institut Pasteur sous le nom de *ferment bulgare* [2].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1007.

(2) *Ibid.*, p. 1161.

Les essais faits avec les cultures que M. Bertrand a eu l'amabilité de nous donner ont confirmé complètement cette manière de voir; le ferment étudié par M. Bertrand se comporte, dans le lait et dans la peptone, très différemment des bactéries isolées de la lactobacilline.

Cette différence une fois établie, il était intéressant de savoir comment se comporte la culture du ferment bulgare employé en médecine sous forme de pastilles, bouillon et poudre.

L'analyse comparative du lait ensemencé avec des ferments de différentes provenances nous a donné des résultats très concluants :

Cultures employées.	Azote amidé pour 100.	Acidité totale soude $\frac{N}{10}$, pour 100.	Acidité volatile soude $\frac{N}{10}$, pour 100.
		cm³	cm³
1. Ferment bulgare Bertrand.................	16,2	280	18
2. Lactobacilline poudre......................	87	110	88
3. Lactobacilline pastille.....................	86	85	80
4. Lactobacilline bouillon....................	73	95	60
5. Ferment bulgare Gripekoven, Bruxelles.....	87	108	82
6. Maya bulgare-Paris.......................	71	78	55
7. Maya nutrica (Youghourt bulgare), Bruxelles.	86	97	78

Le ferment étudié par M. Bertrand acidifie très fortement le lait, mais produit relativement peu d'acides volatils et transforme très incomplètement la caséine. Même après 30 jours d'étuve, le lait reste épais et blanc, tandis que les ferments bulgares médicinaux produisent de fortes proportions d'acides volatils, modifient très profondément la caséine, et le lait est transformé en un liquide transparent de couleur jaune clair qui devient de plus en plus foncée.

Les ferments médicinaux se comportent dans le lait absolument de la même manière que le ferment isolé de la lactobacilline. Pour compléter cette étude nous avons fait des analyses bactériologiques sur toute une série d'échantillons de ferments bulgares, venant de Paris, Lille et Bruxelles.

On a fait des cultures sur plaques, dans les milieux préconisés par M. Bertrand pour le ferment bulgare, et aussi dans des milieux dépourvus de sucre.

Les colonies isolées ont été introduites dans du lait qui a été analysé après 10 jours d'étuve à 38°.

Les essais faits avec les cultures pures nous ont confirmé que le ferment étudié par M. Bertrand ne se trouve point dans les produits médicinaux.

Tous les produits analysés contiennent au contraire le ferment protéolytique; la plupart se sont comportés même comme des cultures pures, ce qui écarte toute idée d'infection.

La différence constatée entre le travail du ferment Bertrand et des ferments médicinaux n'est pas due à des ferments différents, mais plutôt à une variation biochimique provenant des conditions de culture.

En effet, le ferment bulgare conserve toutes ses propriétés quand il est cultivé dans le lait normal, mais il se modifie considérablement suivant le degré d'aération et d'alcalinité du liquide.

Ensemencé dans un milieu contenant de la peptone, du carbonate de chaux et du glucose, le ferment étudié par M. Bertrand se comporte comme un ferment lactique et cela jusqu'au moment où tout le sucre a disparu.

Quand on abandonne ensuite la culture pendant une quinzaine de jours, il se forme un voile sur la surface du liquide, les bactéries composant le voile se remplissent de spores et la culture à ce moment donne un travail absolument identique à celui que produit la lactobacilline.

Ces constatations ont un intérêt tout à fait particulier au point de vue de l'application thérapeutique du ferment bulgare, car les essais cliniques ont été faits non pas avec les cultures de M. Bertrand, conduites dans le lait, mais presque exclusivement avec les produits pharmaceutiques dont nous venons de donner plus haut l'analyse.

Les effets constatés ne peuvent donc point être attribués à l'acide lactique qui se produit peu ou presque pas, suivant les conditions, mais bien à l'action protéolytique qui est toujours constante.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Ferments digestifs du manninotriose et de ses dérivés.* Note (¹) de M. **H. Bierry**, présentée par M. A. Dastre.

Les recherches de C. Tanret (*Bull. Soc. chim.*, t. XXIX, 1903, p. 188) ont établi que le stachyose, sucre retiré des crosnes du Japon (*Stachys tuberifera*) est un hexotétrose dont l'hydrolyse s'effectue en deux phases :

(1) (Stachyose) $C^{24}H^{42}O^{21} + H^2O = C^{18}H^{32}O^{16}$ (manninotriose) $+ C^6H^{12}O^6$ (fructose-*d*);

(2) (Manninotriose) $C^{18}H^{32}O^{16} + 2H^2O =$ (galactose-*d*) $C^6H^{12}O^6 +$ (glucose-*d*) $C^6H^{12}O^6$ $+$ (galactose-*d*) $C^6H^{12}O^6$.

La réaction (1) a lieu sous l'influence de l'invertine de levure ou de l'acide acétique étendu; pour obtenir l'hydrolyse totale, il faut avoir

(¹) Présentée dans la séance du 13 février 1911.

recours à SO^4H^2 étendu et chaud. Les zymases de l'*Aspergillus niger* peuvent, d'après C. Tanret, mais avec une extrême lenteur, pousser jusqu'au bout l'hydrolyse du stachyose.

Nous avions, avec le suc gastro-intestinal d'*Helix*, une source de diastases très active sur le stachyose, nous avons tenu à étudier l'action de ce suc digestif sur le manninotriose lui-même.

Le manninotriose a été préparé, soit par le procédé de C. Tanret, soit en faisant fermenter le stachyose par une levure haute. La levure après avoir hydrolysé le stachyose [équation (1)], consomme le lévulose. Quand ce dernier a disparu, ce dont on s'assure par l'épreuve des osazones et la réaction de Seliwanoff, on fait bouillir le liquide fermenté avec un peu de noir animal, on neutralise par CO^2Ca, on filtre et l'on évapore le filtrat dans le vide partiel à consistance d'extrait. On reprend cet extrait à chaud par l'alcool absolu, puis par l'alcool à 90°. Les liqueurs alcooliques sont évaporées dans le vide et le résidu est épuisé dans un appareil à reflux par l'alcool fort. Le manninotriose, déposé par refroidissement, est purifié par dissolution dans l'alcool absolu et bouillant.

Sous l'influence du suc digestif d'*Helix*, le manninotriose s'hydrate [équation (2)]. On peut suivre la marche de cette hydratation en s'appuyant sur les propriétés optiques et réductrices du manninotriose et sur celles des sucres qu'il engendre. Si nous admettons l'hypothèse que la dislocation du triose se fasse directement en 2^{mol} de galactose et 1^{mol} de glucose, sans formation de biose intermédiaire, on peut calculer les pouvoirs rotatoire et réducteur que doit présenter la solution pour une hydrolyse de 10, 20, ..., 100 pour 100 du sucre dissous. Quand l'action du ferment est épuisée, l'hydrolyse est intégrale et l'accord est complet entre les données fournies par le pouvoir réducteur et le pouvoir rotatoire. Il n'en est pas toujours ainsi au cours de la digestion : la divergence entre le poids des sucres calculés d'après les propriétés optiques ou d'après le pouvoir réducteur (méthode G. Bertrand) est plus marqué au début et s'atténue graduellement à mesure qu'avance l'hydrolyse. Si, parallèlement, on chauffe avec de l'acétate de phénylhydrazine des portions de liqueur à divers stades de la digestion, on n'obtient d'abord qu'une osazone [1], et ce n'est que lorsque le pouvoir réducteur de la solution accuse un dédoublement du triose de 35 pour 100 environ, qu'on peut séparer deux osazones : l'une insoluble, l'autre soluble dans l'eau bouillante. La première, par sa forme cristalline, ses propriétés optiques (après dissolution dans l'alcool-pyridine ou l'acide acétique), son point de fusion 212°-214° (fusion instantanée), a pu être identifiée à la galactosazone; la seconde, par sa forme, son point de fusion, diffère de la manninotriosazone [2]. Le point de fusion, suivant que cette seconde osazone est obtenue avec des liquides prélevés au début ou à un stade plus avancé de la digestion n'est pas le même et va en augmen-

---

(1) Cela tient à ce que la manninotriosazone retient en solution la galactosazone.

(2) La manninotriosazone, convenablement purifiée, fond au bloc Maquenne (fusion instantanée) à 122°-124°; C. Tanret donne 122°. Le chiffre 193°, trouvé par C. Neuberg et S. Lachmann, est beaucoup trop fort et correspond à un produit impur (*Biochem. Zeits.*, 26 février 1910).

tant. Enfin, cette osazone, même après deux et trois cristallisations dans l'eau, fond toujours à une température plus haute que l'osazone du manninotriose. Quand l'hydrolyse du manninotriose, toujours calculée d'après le pouvoir réducteur, est d'environ 70 pour 100, on constate, à côté de la galactosazone, la présence de glucosazone. Cette dernière peut être distinguée par sa forme cristalline typique (cristaux disposés en branche de genêt) et sa couleur (jaune verdâtre) dans le mélange d'osazones insolubles dont le point de fusion passe de 212°-214° à 216°-218°. La quantité de glucosazone, assez faible comparativement à la quantité de galactosazone quand l'hydrolyse est 75 pour 100, va ensuite en augmentant. Des expériences de contrôle, faites avec du galactose et du glucose purs, dans des concentrations analogues, ont permis de retrouver dans le mélange les deux osazones.

Ces faits montrent que la molécule de manninotriose ne se désagrège pas suivant la précédente hypothèse. La présence de galactose libre dans le liquide, au début de la digestion, alors que le glucose reste dans une combinaison dont il ne sera libéré que plus tard, vient tout à fait en faveur de la formation d'un biose intermédiaire glucose-galactose au cours de la digestion du manninotriose par le suc d'*Helix*. La preuve irréfutable aurait exigé l'isolement de ce biose; des essais entrepris dans ce sens n'ont pas encore abouti à l'obtention d'un corps cristallisé. Disons toutefois que le manninotriose, partiellement hydrolysé par le suc d'*Helix*, n'est pas transformé par lactase des animaux supérieurs, ce qui permet d'affirmer que ce biose n'est pas le lactose.

Récemment C. Neuberg et S. Lachmann (*loc. cit.*) n'ayant jamais pu isoler, à côté du glucose et du lévulose, de galactose dans les produits d'hydrolyse du stachyose par l'émulsine d'amandes, ont pensé à la formation d'un digalactose. Les bioses obtenus par l'action du suc d'*Helix* ou de l'émulsine sur le stachyose ne seraient pas les mêmes; à cela rien d'étonnant, d'après ce qu'on sait du mode de clivage si différent de ces deux sources de ferments vis-à-vis du raffinose.

Manninotriosazone. — Le suc d'*Helix* attaque ce dérivé : le galactose séparé a été caractérisé par son osazone.

Manninotriose-urée $C^{18}H^{32}O^{15}-N-CO-NH^2, H^2O$. — Nous avons réussi à combiner le manninotriose à l'urée, en suivant le procédé indiqué par Schoorl pour la préparation du lactose-urée. Le corps obtenu est amorphe, mais l'analyse élémentaire conduit à lui assigner la formule précitée. Desséché à 105°, puis dissous (1 pour 100) dans l'eau, il a comme pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +127°,4$ à $+15°$. En liqueur acide ou alcaline il se

dédouble facilement à l'ébullition en manninotriose et urée, le poids de manninotriose trouvé correspond au chiffre calculé :

$$C^{18}H^{32}O^{15} - N - CO - NH^2 + H^2O = C^{18}H^{32}O^{16} + H^2N - CO - NH^2.$$

Ce dérivé est hydrolysé par le suc d'*Helix* qui en sépare d'abord du galactose.

C. Tanret a montré, par le dédoublement de l'acide manninotrionique, que la fonction aldéhydique du manninotriose appartient à son reste de glucose. Les faits apportés par l'hydrolyse du manninotriose-urée et de la manninotriosazone par le suc d'*Helix* viennent encore à l'appui de cette manière de voir.

EMBRYOGÉNIE. — *La fécondation chez le* Paracentrotus lividus (*Lam.*) *et le* Psammechinus miliaris (*Müll.*). Note de M. **J.-L. Dantan**, présentée par M. Henneguy.

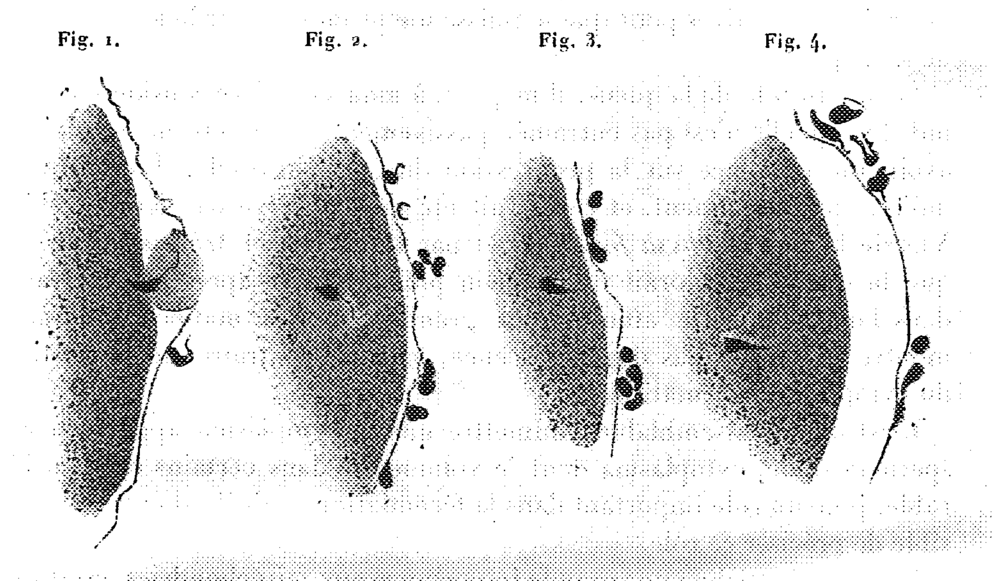
Les recherches récentes sur la fécondation ont montré que, chez un certain nombre de formes appartenant à des groupes très différents, Nématodes, Annélides, Mollusques, Insectes, Poissons, Batraciens, Mammifères, le spermatozoïde entre tout entier dans l'œuf. Cependant la plupart des auteurs ne considèrent toujours que le noyau et le segment intermédiaire ; la queue, à leur avis, dégénère et les éléments cytoplasmiques qu'elle apporte avec elle n'ont aucun rôle dans la fécondation. Ils ajoutent, à l'appui de leur manière de voir, que la pénétration de la queue n'est pas un fait général et que dans certains groupes, les Échinodermes par exemple, la queue tombe au moment où la tête s'engage dans l'intérieur de l'œuf.

Les recherches que j'ai faites sur l'œuf du *Paracentrotus lividus* et du *Psammechinus miliaris* me permettent d'infirmer ce dernier argument.

Les fixations ont été faites par le liquide de Flemming-Meves et les œufs inclus dans la paraffine après avoir été agglomérés par la celloïdine ; les coupes d'une épaisseur de 3^{μ} à 4^{μ} ont été colorées par l'hématoxyline au fer de Benda et la fuchsine acide.

La figure 1 montre un œuf avec son cône de conception dans lequel un spermatozoïde a pénétré ; la queue se voit nettement et elle est un peu plus colorable que celle des autres spermatozoïdes dont l'entrée a été empêchée par la membrane vitelline. La figure 2 représente un spermatozoïde qui a déjà parcouru à peu près le quart du chemin qui le séparait du pronucleus

femelle. Il n'a encore subi que fort peu de modifications apparentes : la tête s'est légèrement gonflée et a par suite changé un peu de forme; la queue, qui est très visible, se colore d'une façon notablement plus intensive



qu'avant sa pénétration et cette coloration de plus en plus marquée du cytoplasma du gamète mâle est un fait d'une grande importance pour l'interprétation du phénomène. Le flagellum se trouve toujours dans une zone du cytoplasma plus clair, ce qui permet de l'observer assez facilement et semble indiquer que les granulations cytoplasmiques ont été balayées par ses mouvements.

Cette figure montre également que le spermatozoïde n'a pas subi la rotation de 180° que certains auteurs disent se produire toujours immédiatement après la pénétration. Mes observations me permettent de dire que, chez les deux espèces d'Oursins étudiés, cette rotation presque immédiate ne se produit que dans un tiers des œufs environ (*fig.* 3). Il n'est donc pas possible de la décrire comme générale et c'est aussi vraisemblablement ce qui a lieu chez les autres animaux. Les observations de Van der Stricht sur le *Vesperugo noctula* confirment cette manière de voir.

J'ai observé les mêmes faits chez le *Psammechinus miliaris* comme l'indique la figure 4.

Il ne m'est pas possible de dire d'une façon précise à quel moment la queue se fusionne avec le cytoplasma ovulaire. A des stades plus avancés, lorsque la tête du spermatozoïde s'est gonflée et arrondie pour donner le

pronucleus mâle, la queue peut se confondre facilement avec des filaments cytoplasmiques; et, bien que je croie l'avoir encore vue au stade où les deux pronuclei sont accolés, j'estime que mes préparations ne sont pas assez démonstratives pour que je puisse me prononcer sur le moment exact de sa disparition.

Quant au rôle de la queue, il ne peut, à mon avis, être considéré comme nul. Puisqu'elle n'est pas entraînée passivement, ses mouvements doivent avoir une influence sur la progression du spermatozoïde. En outre j'ai indiqué précédemment, et ceci avait été déjà observé par Kostanecki et Vierzjeski chez le *Physa fontinalis* et par Lams chez l'*Arion empiricorum*, que la queue se colorait d'une façon plus intensive après sa pénétration dans l'œuf. Or cette affinité plus grande pour les matières colorantes montre qu'il n'y a pas dégénérescence, mais au contraire une suractivité du cytoplasma spermatique.

Il est donc vraisemblable d'admettre que le cytoplasma apporté par le spermatozoïde, cytoplasma dont le volume est dans certains cas considérable, joue un rôle important dans la fécondation, mais il est encore impossible de préciser ce rôle.

Lams, qui attribue une grande importance aux mitochondries, croit avec Meves que celles apportées par la queue du gamète mâle « peuvent être considérées comme les supports de l'hérédité cytoplasmique, au même titre que les chromosomes sont ceux de l'hérédité nucléaire ». Sans aller, avec ces auteurs, jusqu'à préciser les points où sont localisées les propriétés héréditaires, il me semble rationnel d'admettre avec Verworn « que le protoplasma cellulaire doit avoir la même importance que le noyau au point de vue de l'hérédité ».

M. Henneguy, s'appuyant sur ce fait que, chez quelques Mammifères, des fragments de la queue ont été retrouvés dans un des deux blastomères, pense que l'embryon proprement dit provient de la cellule qui contient le flagellum, l'autre donnant l'embryotrophe.

Le rôle de la queue semble pouvoir être déterminé expérimentalement. Il est possible en effet, Schücking l'a du moins affirmé, de faire des fécondations avec des spermatozoïdes dépourvus de queue, à condition qu'ils soient amenés au contact des œufs; il suffirait par suite d'élever ces œufs pour voir quelle est l'influence du cytoplasma spermatique.

Je crois pouvoir conclure :

1° Que chez les Oursins, et vraisemblablement tous les Échinodermes, le spermatozoïde tout entier pénètre dans l'intérieur de l'œuf;

2° Que cette observation ayant été faite maintenant sur un assez grand nombre de formes pour qu'elle puisse être considérée comme générale, la fécondation doit par suite être définie : l'union de deux gamètes complets qui se fusionnent noyau à noyau, cytoplasma à cytoplasma.

PARASITOLOGIE. — *Sur la peste des Écrevisses du lac de Nantua.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note insérée dans les *Comptes rendus*, séance du 30 janvier 1911, MM. L. Mercier et R. de Drouin de Bouville ont bien voulu rappeler que j'avais été, en 1891, chargé par le Conseil général du département de l'Ain, auquel on demandait une somme de 25000fr pour le repeuplement des eaux, de rechercher si la *peste des Écrevisses,* qui avait à peu près complètement détruit ces Crustacés, existait encore et, dans l'affirmative, de déterminer l'agent infectieux et de chercher le remède.

J'ai constaté alors que :

1° Le lac de Nantua et son déversoir, en communication avec la mer par la rivière d'Ain, étaient tout à fait privés d'Écrevisses;

2° En amont du lac, dans le ruisseau du Merloz, on trouvait à la fois des Écrevisses saines et des Écrevisses malades : ces dernières présentaient tous les symptômes de la grande peste de 1880-1881, si bien décrits par Zundel (1) et par d'autres auteurs. Des personnes de la région, en particulier M. le Dr Levrat, actuellement maire de Nantua, furent unanimes à reconnaître chez mes Écrevisses malades la maladie qui avait détruit en 3 jours les Écrevisses du lac.

J'ai découvert, décrit et figuré le parasite qui a causé la désastreuse maladie (2) et j'ai démontré que ce n'était pas une Bactériacée pathogène.

Mon parasite a été retrouvé quelques années plus tard par M. le professeur Léger, de Grenoble, dans des Écrevisses malades de certains ruisseaux des Alpes et dans le lac de Laffrey, où il paraissait avoir produit des ravages rapides. En souvenir de mes recherches, M. Léger m'a fait l'honneur de me dédier cette espèce nouvelle : c'est une levure qu'il a nommée *Rhabdomyces Duboisii* (3).

---

(1) *Journal de Micrographie de Pelletan*, 1881, p. 459.
(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9e série, t. V, 1893, p. 158.
(3) Voir *Comptes rendus* du Congrès de l'A. F. A. S., Cherbourg, 1905, p. 341.

Ce parasite est facile à reconnaître dans le sang et dans le tube digestif, mais il est parfois si abondant dans ce dernier, qu'on a de la tendance à croire qu'il s'agit de cellules végétales servant d'aliment : c'est sans doute ce qui a égaré les recherches des premiers observateurs.

Certainement, comme l'ont dit MM. Mercier et de Bouville, j'ai soupçonné qu'il y avait une relation entre les Poissons et la peste qui avait partout remonté les cours d'eau, mais ce n'est pas celle qui a été invoquée par les auteurs précités.

A Nantua, la démarcation entre la région infestée et celle qui ne l'était pas se trouvait nettement marquée par un barrage qui ne pouvait pas être franchi par les Poissons, mais par-dessus lequel les Écrevisses étaient parfois entraînées : aussitôt le barrage franchi, les Écrevisses devenaient malades.

J'ai mis alors des Écrevisses dans des viviers séparés, immergés dans le lac de Nantua, et je les ai nourries respectivement avec de la viande de boucherie et avec de la chair de diverses espèces de Poissons du lac.

Ce n'est que chez les Écrevisses nourries avec la chair de Gardon que j'ai trouvé des parasites anormaux dans les muscles et dans l'intestin, en automne, mais, ayant été forcé d'abandonner mes recherches, je n'ai pu décider s'il s'agissait d'un stade jeune de *Rhabdomyces Duboisii* ou d'une Myxosporidie trouvée par MM. Henneguy et Thélohan dans des Écrevisses d'une autre provenance et décrite par ces auteurs sous le nom de *Thelohania Contejeani*, dont ils n'avaient pu suivre l'évolution complète.

Mais ce qui prouve bien nettement qu'il n'y a aucun rapport entre la lépidorthose qui détruit actuellement les Gardons du lac et la peste des Écrevisses qui a tué tous ces Crustacés, c'est que, depuis 1880-1881, les Gardons ont toujours été très abondants et sains jusqu'à ces temps derniers, et d'après ce que m'écrit M. Fargeot, vétérinaire départemental à Bourg, il est certain qu'en ce moment les Gardons sont malades et que ce sont les Écrevisses qui se portent bien.

Si, comme je le crois, les Gardons sont les agents de transmission de *Rhabdomyces Duboisii*, ils ne semblent pas avoir été incommodés, ce qui est le contraire de ce qui arrive avec le bacille de MM. Mercier et de Bouville.

On peut affirmer aussi que le *Bacillus pesti astaci* de Hofer n'est pas celui de la « peste des Écrevisses » de 1880-1881 ni celle du lac de Nantua, car, ainsi que je l'ai fait observer à M. Hofer lui-même au Congrès des pêches de l'Exposition universelle de 1900, tous les auteurs qui ont cherché la cause de la maladie, au moment de la grande épidémie, ont conclu, comme moi, à la non-contagiosité directe d'Écrevisse à Écrevisse, *même par inoculation*.

J'ai montré également (¹) que l'agent infectieux de la peste des Écrevisses n'avait rien de commun avec le *diplobacille* de la « peste des eaux douces », de MM. Bataillon et Dubard, puisque la maladie qu'ils ont observée atteint les Truites et les Grenouilles et qu'il n'a rien été observé de semblable lors de la grande peste des Écrevisses, particulièrement à Nantua.

Je crois donc avoir répondu à ma mission autrement que par des *soupçons*, d'ailleurs dénaturés dans la Note de MM. Mercier et de Bouville, à l'égard du Gardon. J'ai trouvé l'agent infectieux, j'ai établi sa présence dans les eaux de l'Ain en 1893 et économisé au département 25000^{fr} que le Conseil général aurait votés en pure perte.

De plus, j'ai indiqué le remède, qui consistait à attendre l'extinction spontanée de l'épidémie, qui s'est, en effet, éteinte faute de sujets pour l'entretenir.

Conclusion. — La maladie appelée « peste des Écrevisses » a été produite dans le lac de Nantua, et sans doute ailleurs, par une levure : *Rhabdomyces Duboisii ;* elle a remonté les cours d'eau depuis la mer jusqu'au barrage du Merloz où elle a été arrêtée par le barrage, comme en d'autres localités. Elle paraît avoir été transmise par des Poissons, qui n'en meurent pas et ne doit être confondue ni avec les affections dues au bacille d'Hofer, ni avec celui de Bataillon et de Dubard, et la lépidorthose des Poissons n'a rien de commun avec la véritable « peste des Écrevisses » du lac de Nantua, comme l'ont prétendu MM. L. Mercier et de Bouville.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *La dépense énergétique dans la marche.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Dastre.

1. La *marche* est une rupture de l'équilibre mécanique du corps, produisant un travail. La *dépense*, évaluée par l'oxygène consommé, qui correspond à une *allure* déterminée, totalise les frais de ce travail, et ceux des oscillations du corps, de la vitesse, de la cadence, etc. La courbe du travail produit à différentes cadences et celle de la dépense qui en est corrélative, ne sont pas superposables.

On peut analyser les circonstances de la marche en pratiquant une dérivation continue sur les gaz respiratoires, et en se plaçant dans des condi-

(¹) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 15 avril 1893, p. 411.

tions de rigueur suffisantes. Cette étude, que nous développerons ailleurs [1], nous a donné les résultats que nous allons résumer.

2. Le passage de la station *assise* à la station *debout élève* la dépense. La *continuité* de la station debout rend cet accroissement plus sensible; en l'espace de 15 minutes, c'est une augmentation de $\frac{1}{16}$ environ.

On aurait un excès plus grand, de $\frac{1}{10}$ en 3 minutes, dans le simple fait de se tenir debout chargé d'un poids de $7^{kg},300$, ce poids étant constitué par un havre-sac de fantassin.

3. La marche, en dehors de la translation du corps, peut être étudiée dans le piétinement où l'on s'astreint à limiter la course verticale des jambes par des liens appropriés, comme à maintenir tout le buste presque immobile. La cadence est donnée par un métronome dont les coups marquent le nombre de *pas*. Voici un exemple des mesures ainsi effectuées :

Cadence par minute..............	59	76	84	100 pas
Oxygène en excès par 3 minutes....	1018^{cm^3}	1349^{cm^3}	1513^{cm^3}	1843^{cm^3}

Nous avons établi que la dépense, relativement à un seul *pas*, est donnée par l'équation linéaire

$$d = an + b,$$

a et b sont deux constantes particulières au sujet qui piétine, n est la cadence.

La dépense deviendrait plus rapidement croissante, si l'on faisait cesser l'immobilité du corps; on constate, dans ce cas, que les cadences très pressées sont excessivement onéreuses.

4. Mais la *marche effective*, avec ou sans fardeau, n'obéit pas à une loi simple; la dépense qui lui est consacrée passe par un *minimum* qui correspond à une vitesse horaire de $2^{km},500$ avec charge de $7^{kg},300$ (sac de fantassin muni de bretelles), et $4^{km},500$ en l'absence de tout chargement. Exemple :

(1) *Journal de Physiol. norm. et pathol.*, 1911.

Marche sans fardeau.

Cadence par minute.	Parcours.	Vitesse horaire.	Oxygène en excès. Total.	Par kilomètre.	Par pas.
	m	km	cm³	cm³	cm³
76 pas...	97,20	1,944	555	5710	2,434
85 » ...	117,25	2,345	618	5270	2,423
94 » ...	129,75	2,595	647	4980	2,294
104 » ...	145,75	2,915	717	4920	2,320
112 » ...	165,00	3,300	800	4850	2,383
121 » ...	184,25	3,695	851	4620	2,344
130 » ...	201,75	4,035	863	4280	2,212
139 » ...	228,50	4,570	1441	6300	3,455
148 » ...	244,00	4,880	1683	6900	3,790
157 » ...	269,50	5,390	2110	7830	4,479

A raison des retours qui s'effectuent sur une piste nécessairement courte (11^{m}), la *vitesse économique* est voisine de 4^{km},500.

Marche avec le sac de 7^{kg},300.

Cadence par minute.	Parcours.	Vitesse horaire.	Oxygène en excès. Total.	Par kilomètre.	Par pas.
	m	km	cm³	cm³	cm³
76 pas...	91,00	1,820	613	6730	2,688
85 » ...	117,00	2,340	644	5500	2,525
94 » ...	133,00	2,660	740	5560	2,624
104 » ...	173,00	3,460	1026	5930	3,288
112 » ...	193,50	3,870	1192	6160	3,547
121 » ...	214,50	4,290	1406	6550	3,873
130 » ...	234,25	4,685	1889	8060	4,843

Entre les cadences 94 et 121, la dépense kilométrique D est fonction de la vitesse, dans la forme approchée : $D = 5560^{cm^3} + 0^{cm^3},05\ V^{\frac{3}{2}}$, V étant exprimé en mètres. Mais, en général, la progression est plus rapide.

5. *En résumé*, la dépense énergétique de la marche est fonction des facteurs vitesse, rythme, oscillations du corps, déplacement du centre de gravité; elle n'obéit pas à des lois simples. Le port d'un fardeau, tel que le havre-sac du fantassin, l'augmente très sensiblement. La vitesse horaire de 4^{km},500 est la plus *économique;* elle convient comme *limite* au cas d'un

homme chargé de $7^{kg},300$ et correspond à un supplément de dépense d'environ $\frac{1}{3}$. En d'autres termes, si un homme non chargé peut parcourir 50^{km} par jour, il n'en ferait que 35 tout au plus, sous la charge indiquée.

GÉOLOGIE. — *Sur la prolongation des nappes nord-pyrénéennes dans les Pyrénées occidentales.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai précédemment exposé la conception de la structure des Pyrénées orientales et centrales à laquelle m'ont conduit mes recherches sur cette partie de la chaîne; mais je n'avais pu poursuivre avec précision le tracé des accidents dans les Pyrénées occidentales, que je n'ai pas personnellement étudiées. La récente publication de la feuille *Mauléon* de la Carte géologique de la France, due à MM. Carez et Fournier, me permet actuellement de combler cette lacune; les contours de cette feuille mettent en évidence une série de faits très intéressants, qu'il est facile d'en dégager et qui, apportant la confirmation de l'existence des charriages nord-pyrénéens et de la continuité de leurs caractères, donnent en même temps l'explication des chevauchements imbriqués vers le Sud qui ont été reconnus dans les environs de Gavarnie, des Eaux-Chaudes, de Gistain, etc., par MM. E. de Margerie, Bresson, Carez, Fournier, Dalloni et par moi-même.

On sait que, dans le Sud de la feuille de Mauléon, le Crétacé supérieur de la Haute-Chaîne, transgressif sur les terrains primaires de la zone axiale, s'enfonce au Nord sous un massif primaire (des Pics de Mendibelza, d'Igounce, etc.), principalement formé par une épaisse série des poudingues permo-triasiques, dont la partie inférieure présente le faciès très local du *poudingue polygénique de Mendibelza*, reposant en transgression sur des couches carbonifères très plissées. Des témoins renversés des mêmes poudingues, recouverts par des couches siluriennes aussi renversées, se rencontrent plus au Sud, dans la région de Saint-Engrace, jusqu'au Pic de Lacoura (feuille d'Urdos), et ces faits ont été expliqués par un simple chevauchement venu du Nord et dont le massif primaire en question formerait la racine. Or la carte récemment parue permet de reconnaître avec évidence que, *si les lambeaux primaires du Sud de Saint-Engrace se rattachent indiscutablement à ce massif, ils ne peuvent y trouver leur racine, pour la simple raison que celui-ci n'est pas lui-même enraciné* in situ.

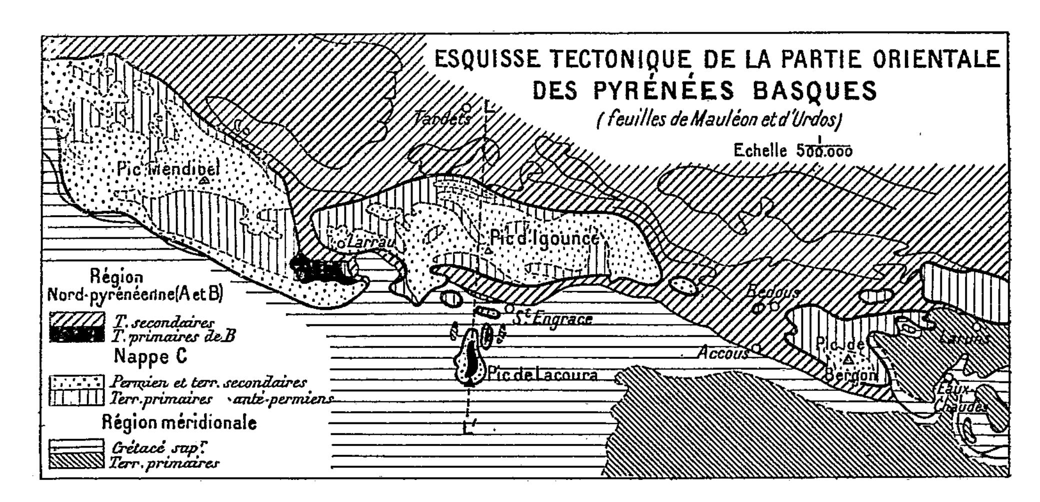
Entre le substratum crétacé et le bord méridional du massif chevauchant, il s'intercale souvent, en effet, une lame de Trias gypseux, d'épaisseur très variable et avec grand développement des roches basiques dites *ophites*, et, d'autre part, la carte montre que ce Trias se rencontre sur presque tout le tour du massif primaire. MM. Fournier et

Carez ont admis que celui-ci forme le noyau d'un brachyanticlinal couché vers le Sud et qu'il disparaît à ses extrémités et sur son bord septentrional, en s'enfonçant sous le Trias en question, qui se renverserait dans le flanc méridional de ce pli. Mais il existe, aux environs de Larrau, une bande triasique continue qui traverse le massif primaire de part en part et qui réunit ainsi les deux flancs triasiques de ce prétendu anticlinal. La carte montre que ce Trias, surmonté de quelques témoins liasiques, coupe les terrains primaires en deux tronçons qui se correspondent de part et d'autre du Vallon de Larrau, *dont le Trias occupe le fond sur plusieurs kilomètres,* alors que les couches primaires des massifs de Mendibelza et d'Igounce s'arrêtent à une certaine hauteur en regard les unes des autres. Le Trias est, en outre, accompagné, au sud-ouest de Larrau, d'un important affleurement de *Dévonien inférieur*, qui vient se placer en travers de la continuité des couches carbonifères du massif de Mendibelza, de telle sorte qu'il forme manifestement un élément aussi étranger à ce massif que le Trias et le Lias. Ces faits ne permettent guère de douter que ce soit par une entière érosion de la région intermédiaire que les deux massifs jumeaux de Mendibelza et d'Igounce ont été séparés et que *les couches triasiques de Larrau, loin d'en constituer la couverture, forment au contraire leur substratum.* Cela n'exclut d'ailleurs pas que, sur leur bord septentrional, ces masses charriées puissent localement plonger à l'intérieur de ce Trias, par un phénomène fréquent dans tous les pays de nappes. Quant au Dévonien inférieur, il est évidemment associé à ce Trias, dont il constitue probablement le substratum stratigraphique.

Les poudingues permiens du massif d'Igounce s'arrêtent d'ailleurs vers l'Est en restant dans les parties hautes du versant gauche du Gave de Lourdios, sur la rive droite duquel ils reparaissent en face, au Serrot deu Bouch, où ils ne forment manifestement qu'un chapeau superposé au Trias. La même conclusion s'impose, à mon avis, pour le petit lambeau carbonifère situé à l'ouest de Bedous, puis, au delà de la vallée d'Aspe, pour la masse de plus grande taille qui supporte les couches secondaires du Pic de Bergon (M. Carez les considère comme charriées, mais non leur soubassement primaire) et à laquelle se rattachent les témoins du Pic Lorry et du Bois de las Catiasses. C'est vraisemblablement aussi le cas pour le massif primaire qui est traversé par le Gave d'Ossau entre Béost et Asté et qui, d'abord séparé de celui de Laruns par une lame triasique, semble ensuite devoir s'enraciner sur la feuille de Tarbes.

Tous ces témoins correspondent, par l'ensemble de leurs caractères (grand développement local des grès permiens, surmontés par la série nord-pyrénéenne typique au Pic de Bergon; superposition à une seconde série secondaire, riche en roches basiques), *à la nappe nord-pyrénéenne supérieure* C des régions plus orientales, que j'ai suivie jusqu'au massif primaire de la Barousse, avec sa charnière frontale de couches secondaires sur son bord nord. Quant à la série secondaire, riche en ophites, qui en forme le substratum, c'est évidemment la *série* B; les feuilles de Luz et de Tarbes permettent de suivre sa parfaite continuité avec la nappe B qui forme le substratum du massif

de la Barousse. On ne saurait, de même que plus à l'Est, chercher la racine de ces nappes au Nord; mais ici on ne peut non plus la rencontrer au Sud,



car, dans cette direction, on se trouve en plein régime méridional, d'où ne peuvent provenir les couches nord-pyrénéennes du Pic de Bergon. Les nappes en question, dans cette région, reposent même sur le Crétacé supérieur de ce régime méridional, directement transgressif sur le Primaire, et la seule solution consiste en un enracinement au-dessous de l'emplacement actuel de ces nappes, que je viens d'ailleurs d'indiquer comme probable pour le Primaire de la nappe C. Il y a là une anomalie un peu troublante au premier abord; mais elle ne peut être invoquée contre la réalité des nappes nord-pyrénéennes, car il est très facile d'expliquer cette disposition anormale et de suivre sa genèse lorsqu'on étudie attentivement les feuilles de Tarbes et de Luz, qui montrent que cette anomalie est liée au phénomène général des chevauchements vers le Sud, dont elle donne en même temps une explication satisfaisante.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note intitulée : *Découverte d'un centre de l'âge du cuivre préhistorique en Vendée.* (Renvoi à l'examen de MM. A. Lacroix et Barrois.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 30 janvier 1911.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en* 1909 *au moyen des subventions de la Caisse des Recherches scientifiques.* Melun, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux, au nom de M. Dislère, président du Conseil d'administration de la Caisse des Recherches scientifiques.)

Sur les principes de la Mécanique et sur leur applicabilité à des phénomènes qui semblent mettre en défaut certains d'entre eux, par M. J. Boussinesq. (Extr. des *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, t. XXVII; novembre 1910.) Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Correspondance échangée de 1720 *à* 1739 *entre l'astronome J.-N. Delisle et M. de Navarre*, publiée par E. Doublet. Bordeaux, G. Gounouilhou, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Flore de France, ou description des plantes qui croissent spontanément en France, en Corse et en Alsace-Lorraine, par G. Rouy; t. XII. Paris, les fils d'Émile Deyrolle, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Guignard.)

Lexikon für Photographie und Reproduktionstechnik (*Chemigraphie, Lichtdruck, Heliogravüre*), bearbeitet und herausgegeben von G.-H. Emmerich. Vienne et Leipzig, A. Hartleben, 1910; 1 vol. in-8°. (Transmis par M. le Ministre de l'Instruction publique.)

Sur quelques empreintes végétales des tufs quaternaires de Coudes (*Puy-de-Dôme*), par L. Laurent. (*Ann. F. Sc. Marseille*, t. XVIII, fasc. 8, 1909.) 1 fasc. in-4°.

Les hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône, par Léon-W. Collet. (*Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève;* t. XXXVI, 1910.) 1 vol. in-4°.

Integrity of tests of metals, by Alexander-E. Outerbridge. (Extr. de *Journal of the Franklin Institut*, septembre 1910.) 1 fasc. in-8°.

The ore deposits of New Mexico, by Waldemar Lindgren, Louis-C. Carton and Charles-H. Gordon. (*United States Geological Survey : Professional Paper*, 68.) Washington, 1910; 1 vol. in-4°.

Jaarboek van het department van Landbouw in Nederlandsch-Indie, 1909. Batavia, 1910; 1 vol. in-4°. (Ce Volume contient un portrait de M. Treub, Correspondant de l'Institut, décédé le 30 octobre 1910.)

ERRATA.

(Séance du 6 février 1911.)

Note de M. *G. Sagnac*, Les systèmes optiques en mouvement et la translation de la Terre :

Page 313, ligne 5, *au lieu de* ou bien à moins de $0'',1$, *lire* ou bien à moins de $0'',01$.

Note de M. *Henri Villat*, Sur le mouvement discontinu d'un fluide dans un canal renfermant un obstacle :

Page 304, ligne 11, *au lieu de*

$$t = a + b + \frac{1}{2}\,\frac{\mathrm{p}'\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \mathrm{p}'\gamma}{\mathrm{p}\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \mathrm{p}\,\gamma},$$

lire

$$t = \frac{a + b}{4} + \frac{1}{2}\,\frac{\mathrm{p}'\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \mathrm{p}'\gamma}{\mathrm{p}\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - \mathrm{p}\,\gamma},$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 FÉVRIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Eugène Tisserand* pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Jules Tannery*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **E. Tisserand** prend place parmi ses confrères.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Phénomènes d'inhibition visuelle qui peuvent accompagner la réassociation des deux images rétiniennes dissociées par les prismes du stéréoscope. Conditions et déterminisme de ces phénomènes.* Note de M. **A. Chauveau**.

Le sujet traité dans la présente Note appartient au domaine de la théorie générale des perceptions sensitives. Mais il intéresse les physiciens autant que les physiologistes, parce qu'on ne saurait s'engager dans certaines régions de l'étude physique des manifestations de la radioactivité sans connaître à fond les conditions et le mécanisme de la perception par l'œil des radiations lumineuses. Un exemple très suggestif des dangers auxquels on s'expose en négligeant cette précaution a été fournie par la méprise qui a abouti à la tentative d'introduction des rayons N dans la Science.

Cette méprise, en effet, a eu son origine dans la méconnaissance de deux faits physiologiques déjà connus et très nettement établis, liés étroitement l'un à l'autre et parfaitement identifiables aux effets spécifiques attribués aux prétendus rayons N :

1° *Dans le cas de faible éclairage, les images lumineuses formées et maintenues, par une accommodation aussi fixe que possible, sur les points de la rétine où elles s'impriment, s'estompent graduellement d'une manière rapide et peuvent même arriver à s'évanouir tout à fait.*

2° *La cessation brusque de l'accommodation s'accompagne de changements involontaires dans la direction de la ligne visuelle et rétablit instantanément le degré primitif de la visibilité des objets, dont l'impression se produit alors sur des points neufs de la rétine, à côté de ceux qui avaient été impressionnés les premiers.*

Ainsi, la vision sans accommodation, condition fondamentale nécessaire, disait-on, à la manifestation des effets spécifiques des nouvelles radiations, recèle en elle-même la cause de ces effets. Au cours des opérations où l'on croyait les faire apparaître, par l'intervention d'un agent extérieur d'une nature particulière, il n'y avait pas visibilité augmentée sous l'influence de cet agent, mais visibilité simplement rétablie dans son état primitif, après un amoindrissement intentionnellement provoqué par les conditions de l'accommodation.

Ce rappel n'est point ici un hors-d'œuvre. Il se rencontre, en effet, que c'est au cours de certaines expériences complémentaires, où j'étudiais de nouveau l'action modificatrice qu'exerce le plus ou moins de fixité de l'accommodation, sur la visibilité des objets plus ou moins éclairés, que m'ont été révélés les premiers éléments du déterminisme des faits nouveaux dont j'ai à m'occuper maintenant, c'est-à-dire *les phénomènes spéciaux d'inhibition visuelle liés aux états de dissociation et de réassociation des images rétiniennes*.

Origine de la découverte de ces phénomènes. — Dans mes études sur les sensations de relief et de profondeur données par la vision monoculaire des épreuves stéréoscopiques, j'avais été amené à marquer à l'encre rouge, d'un très petit numéro, apposé sur la partie droite, tout près du bord, les exemplaires qui se prêtaient le mieux à ces études. Or, en procédant à mes examens, tous faits, au début de mes recherches, avec le stéréoscope ordinaire, il arrivait souvent que *le numéro de l'épreuve, constamment et très nettement apparent quand il était vu par l'œil droit seul, manquait complètement ou subissait de fréquentes éclipses, lorsque l'épreuve était regardée avec les deux yeux.*

Ces éclipses, permanentes ou fugitives, m'intriguèrent beaucoup. Pourquoi se produisaient-elles seulement avec les deux yeux, alors que, préci-

sément, la réassociation des deux images rétiniennes compose une image unique parfaite, où apparaissent, avec une netteté et une intensité particulières, les moindres détails du relief et de la profondeur des objets représentés? Comment expliquer l'exception qui atteint le minuscule signe rouge appliqué sur la partie droite de l'épreuve?

J'aurais pu penser de suite à un phénomène d'inhibition physiologique exercée par l'œil gauche sur l'œil droit, dont l'acuité visuelle est chez moi incomparablement inférieure à celle de son congénère. Mais une telle explication semblait impliquer l'acceptation de la coexistence de faits contradictoires. J'en fus invinciblement détourné par la considération de la merveilleuse entente avec laquelle mes deux yeux, malgré la grande inégalité de leur pouvoir de distinctibilité, collaboraient à l'harmonieuse fusion des caractères symétriquement différenciés des deux figures de l'épreuve stéréoscopique. J'avais été ainsi entraîné à chercher le mécanisme des éclipses en question dans des interventions d'ordre purement physique. Mais n'ayant rien trouvé de plausible, j'abandonnai le sujet jusqu'au moment où le déterminisme de ces éclipses me fut accidentellement indiqué dans les circonstances qui viennent d'être dites.

Conditions dans lesquelles se révélèrent des phénomènes d'inhibition visuelle dans de nouvelles recherches sur l'action obnubilatrice de l'accommodation. — De ces nouvelles recherches, il n'y a rien à dire maintenant. Je n'ai qu'à indiquer les raisons qui avaient inspiré le dispositif des expériences, et à montrer comment ce dispositif permit d'arriver à une importante acquisition physiologique pour laquelle il n'avait point été créé.

Les phénomènes d'obnubilation déterminés par la fixité de l'accommodation ne se produisent pas seulement quand des taches claires sur fond sombre, ou des taches sombres sur fond clair, sont examinées directement par le procédé ordinaire de la vue simple avec les deux yeux. Ils se manifestent aussi lorsque deux taches égales et semblables, groupées à la manière de deux figures stéréoscopiques, sont regardées dans un des appareils d'usage courant qui éliminent la perception des deux images rétiniennes restées indépendantes. On constate alors que l'image unique vue avec les deux yeux, ainsi que ses deux composantes, vues chacune isolément par l'œil droit ou l'œil gauche, se prête plus ou moins bien mais d'une manière constante, à l'obnubilation par fixité de l'accommodation visuelle.

Je dis *plus ou moins bien* parce que des cas se sont présentés où les changements d'éclat, provoqués par les modifications imprimées à l'accommodation des deux yeux sur la figure résultante, s'opéraient avec quelque hésitation. C'était surtout quand l'éclairage était à peine suffisant pour la vue nette de cette figure. Et alors on n'était pas sûr de la superposition exacte des deux figures composantes.

Pour écarter cette imperfection de la réalisation des conditions réclamées par le but de l'expérience, j'eus l'idée de transformer les taches examinées en véritables

figures stéréoscopiques. Et cela d'une manière fort simple. Ces taches avaient la forme carrée. Avec quatre droites, menées d'un point déterminé de la surface du carré à ses quatre angles, je figurai, en projection, les quatre angles dièdres d'une pyramide quadrangulaire dont la tache carrée représentait la base. Sans plus d'expli-

Fig. 1.

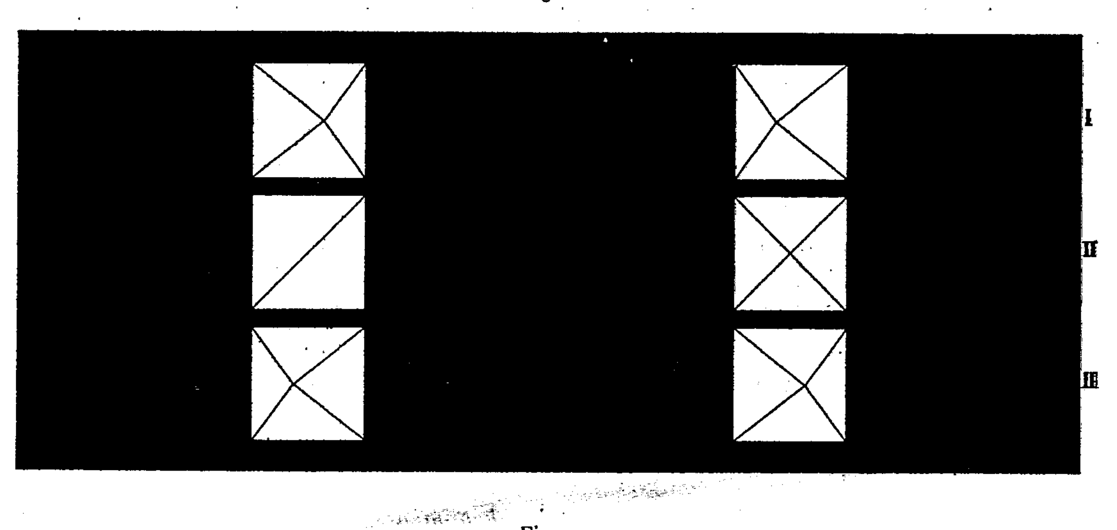
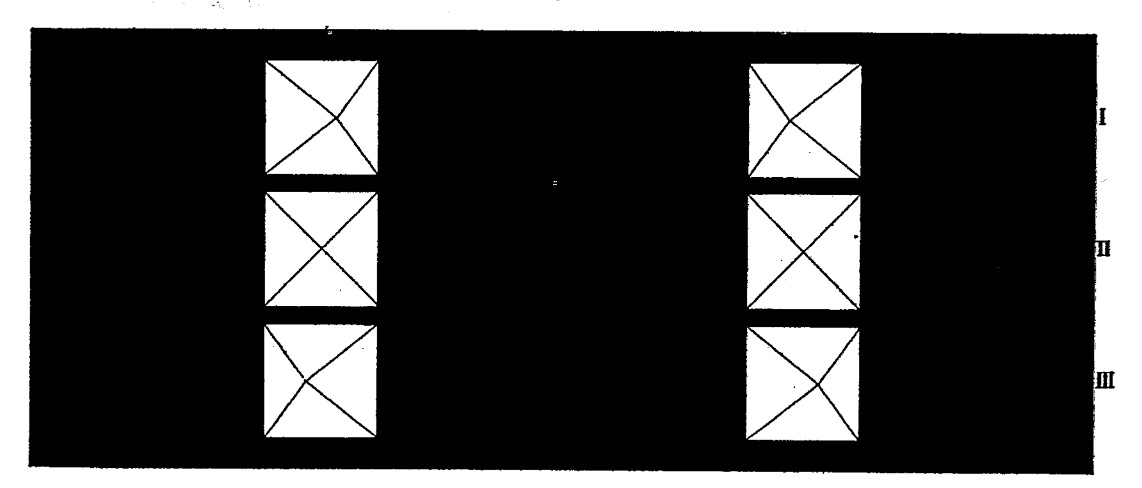


Fig. 2.



cations et avec l'aide de la figure 2 ci-dessus, on comprendra facilement comment il me fut loisible d'y réunir trois couples de taches carrées représentant : le numéro I, la double projection stéréoscopique d'une pyramide en saillie, vue par son sommet; le numéro III, cette même projection fournie par une pyramide en creux, vue par sa base; le numéro II, une simple surface plane, de forme carrée, traversée par deux

diagonales. Ce dernier couple devait constituer le siège principal des constatations; les deux autres, servir à contrôler, dans l'ensemble de la planche, la perfection des réassociations d'images rétiniennes, par la netteté des sensations de relief et de profondeur que ces réassociations sont tenues de fournir.

Comment, dans ces nouvelles conditions expérimentales, l'inhibition visuelle et son mécanisme s'enrichirent fortuitement des documents qui permirent d'en formuler le déterminisme. — J'avais beaucoup multiplié, en les variant, les exemplaires de ces constructions graphiques. De tous, je tirais constamment les nettes sensations de relief, de profondeur ou de plat que j'en attendais. Cependant cette remarquable constance fut un jour troublée. L'apparente exception était fournie par un exemplaire incomplet (*fig.* 1). L'un des carrés du système plan n'y était barré que d'une seule diagonale; l'autre diagonale avait été oubliée. Je fis alors, sur cet exemplaire spécial une série d'observations méthodiques. Or, je pus m'assurer que *les effets obtenus de la vision stéréoscopique du système inachevé variaient suivant que le carré complet était placé devant l'œil gauche que j'ai déjà dit être chez moi, d'après son acuité visuelle, l'œil dominateur, ou devant l'œil droit, qui est l'œil dominé.*

Dans le premier cas, on constatait les mêmes résultats qu'avec les exemplaires réguliers : la figure centrale vue dans le stéréoscope était un carré barré de deux diagonales.

Dans le second cas, le carré constituant cette figure centrale n'apparaissait plus que barré d'une seule diagonale. LA SECONDE ÉTAIT TOTALEMENT ÉCLIPSÉE.

Avec ces constatations, je venais d'acquérir les éléments fondamentaux de l'interprétation qui m'avait échappé jusqu'alors.

Interprétation. — Il s'agit bien, dans la circonstance actuelle, de même que dans le cas de l'éclipse du signe distinctif de mes épreuves photographiques, d'un phénomène d'inhibition visuelle, exigeant comme conditions de réalisation : 1° *l'asymétrie des deux images rétiniennes dont la fusion crée l'image unique du stéréoscope;* 2° *une grande différence d'acuité visuelle entre les deux yeux et le placement de la figure où résident les détails créateurs de l'asymétrie en face de l'œil dominé, c'est-à-dire l'œil droit.*

Étant données ces conditions, il est évident que, dans la série des observations ci-dessus indiquées, quand le carré complet du système plan était placé devant l'œil gauche, l'image vue par les deux yeux, dans le stéréoscope, devait se montrer nettement pourvue de deux diagonales. La diagonale unique du carré de l'œil droit se fusionne, en effet, avec celle qui, dans le carré gauche, lui est symétrique. Aucune asymétrie n'intervient

alors pour provoquer, dans l'acte de la perception centrale, l'influence inhibitrice de l'œil dominateur.

Lorsque le carré complet était placé devant l'œil droit, les deux diagonales symétriques du système continuaient à correspondre et à se fusionner. Mais la seconde diagonale de ce carré complet devenait un détail asymétrique, incapable de participer à cette fusion et d'apparaître dans l'image résultante vue par les deux yeux. Il en est chassé par l'œil dominateur, qui éteint, dans les centres nerveux, les impressions propres à l'œil dominé et les empêche d'être perçues.

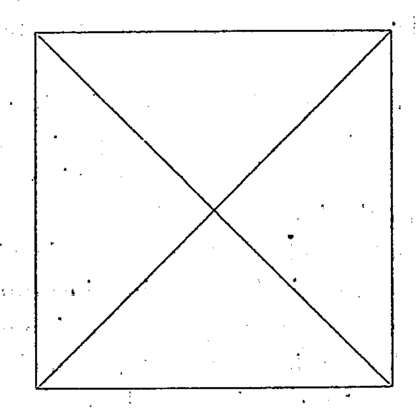
Voilà comment une simple inversion de la position donnée, dans l'appareil stéréoscopique, au carton où sont tracées les constructions graphiques représentées sur la figure, y créait ou y supprimait les conditions de l'inhibition visuelle.

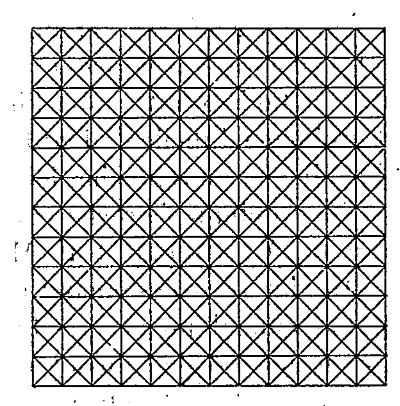
L'importance du rôle joué, dans ces manifestations de phénomènes, par l'inégalité de l'acuité visuelle des deux yeux est vraiment considérable. On achève de s'en rendre compte en étudiant l'influence des modifications imprimées à cette inégalité par divers artifices à l'aide desquels on peut instantanément faire naître l'inhibition lorsqu'elle n'existe pas et, quand elle existe, la faire croître et décroître, en opérer le transfert d'un œil à l'autre, ou la supprimer complètement. La place me manque pour entrer dans quelques détails sur ce sujet. Je dirai seulement, pour ceux qui seraient pressés de faire des vérifications, que la présente saison se prête à l'emploi du plus simple de ces artifices : la diminution de la transparence de l'un ou l'autre des verres du stéréoscope, par la buée plus ou moins épaisse qui s'y dépose quand on souffle dessus.

Mais l'importance de l'asymétrie n'est pas moindre. Elle peut être obtenue de deux manières : par addition ou suppression de détails dans l'une des deux parties de la figure ou construction stéréoscopique. Ce dernier cas fournit l'occasion d'une fort belle démonstration. Dans la figure 3 ci-contre, on a fait disparaître, du côté gauche, tous les détails qui existent à droite, sauf les côtés du carré et ses deux diagonales. L'inhibition qu'elle procure est très remarquable, même complètement permanente, avec de bonnes conditions d'éclairage et d'inégalité d'acuité visuelle. Que si l'on pousse davantage la suppression des détails du carré gauche, en en faisant disparaître les deux diagonales, l'inhibition se produit encore mais devient oscillante. Enfin, en supprimant le carré lui-même et en rendant ainsi complètement vide le champ visuel de l'œil gauche, toute action inhibitrice de cet œil sur le droit est alors supprimée. Les plus fins détails de l'image

unique vue avec les deux yeux reparaissent tels qu'ils se présentent dans la composante droite vue avec le seul œil droit.

Fig. 3.





On peut, du reste, obtenir le même résultat sans rien changer à la construction stéréoscopique qui donne l'inhibition maxima : c'est en supprimant complètement, avec un écran, le champ visuel gauche. Avant l'intervention de l'écran, si je regarde avec les deux yeux la figure qui apparaît dans le stéréoscope, l'inhibition obligée m'enlève la vue de tous les détails de l'image droite. Avec l'écran, l'action inhibitrice de l'œil gauche est supprimée et l'œil droit retrouve son aptitude intégrale à voir, de la manière la plus nette, tous les éléments de la figure qui est devant lui. Rien avec les deux yeux, tout avec un seul!

Dans cette très élégante démonstration, d'apparence paradoxale, le déterminisme de l'inhibition visuelle se précise d'une manière vraiment saisissante.

PATHOLOGIE. — *Identification des trypanosomes pathogènes.* Note de MM. A. LAVERAN et A. THIROUX.

L'identification des trypanosomes pathogènes, facile lorsque ces parasites ont des caractères morphologiques bien tranchés ou une action pathologique spéciale sur certaines espèces animales, présente, dans le cas contraire, de grandes difficultés. Des divergences de vues se produisent sans cesse à ce sujet entre les observateurs, et l'on a dû se préoccuper de rechercher des méthodes permettant d'identifier avec sûreté les trypanosomes.

En 1905, A. Laveran et F. Mesnil ont montré que deux trypanosomes étant donnés, on peut s'assurer de leur identité en recherchant si les virus confèrent l'immunité l'un pour l'autre; en d'autres termes, s'il y a immunité croisée ([1]). Les chèvres qui résistent bien aux trypanosomiases et qui acquièrent, en général, l'immunité à la suite d'une première atteinte, se prêtent bien à ces expériences ([2]).

Cette méthode a fait aujourd'hui ses preuves, elle a permis de résoudre maint problème difficile d'identification des trypanosomes; on peut cependant lui adresser un reproche, les expériences qu'elle nécessite sont longues; il était donc indiqué de rechercher des méthodes plus rapides.

En 1906, A. Laveran et F. Mesnil ont appelé l'attention sur le séro-diagnostic des trypanosomiases ([3]). Il résulte de leurs recherches que le sérum d'un animal qui a acquis l'immunité pour un trypanosome donné se montre en général actif quand on l'emploie, à dose suffisante, en mélange avec le sang contenant ce trypanosome, inactif quand on fait le même essai avec d'autres trypanosomes; le sérum acquiert donc souvent des propriétés spécifiques qui peuvent être utilisées pour l'identification des trypanosomes.

Le sérum des animaux atteints d'une trypanosomiase à marche subaiguë ou surtout chronique peut avoir une activité suffisante pour protéger les animaux auxquels on l'injecte en mélange avec le sang virulent ([4]); il n'est donc pas indispensable pour le séro-diagnotic d'une trypanosomiase de posséder un animal ayant acquis l'immunité pour cette maladie.

Malheureusement, l'activité des sérums fournis par les animaux immunisés ou en cours d'infection est variable.

Levaditi et Mutermilch ont préconisé récemment une autre méthode de séro-diagnostic. Ces observateurs ont montré que les trypanosomes du Nagana soumis *in vitro* à l'action d'un sérum spécifique, préalablement chauffé à 55°, acquièrent la propriété de s'attacher aux leucocytes et ils ont conclu d'expériences portant sur les trypanosomes du Nagana indien, du Nagana-Togo et sur *Tr. dimorphon*, qu'il était possible de faire le diagnostic des trypanosomiases en se basant sur le phénomène de l'attachement des trypanosomes aux globules blancs (frais ou morts) provoqué par le sérum

---

([1]) A. Laveran et F. Mesnil, *Comptes rendus*, 27 mars 1905.

([2]) A. Laveran, *Comptes rendus*, 9 janvier 1911.

([3]) A. Laveran et F. Mesnil, *Comptes rendus*, 25 juin 1906.

([4]) F. Mesnil et E. Brimont, *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. XXIII, 1909, p. 129.

sanguin des animaux trypanosomiés et d'identifier les trypanosomes, à la condition de se servir de sérums actifs employés comme tests [1].

Les leucocytes sont obtenus en injectant de l'aliment Mellin dans le péritoine des cobayes ou la cavité pleurale des lapins ; après lavage dans l'eau physiologique, ils sont conservés à la glacière.

Le sérum spécifique est obtenu en saignant un animal infecté par un trypanosome donné, au moment de la première crise trypanolytique ; il est chauffé pendant 30 minutes à 55°, et l'on s'assure qu'il est actif sur le trypanosome ayant produit l'infection.

Pour identifier un trypanosome, on met dans de petits tubes stérilisés : 2 gouttes de l'eau physiologique tenant en suspension des leucocytes, 2 gouttes du sérum spécifique pur ou dilué à $\frac{1}{50}$ ou à $\frac{1}{100}$, enfin une goutte du sang de l'animal infecté par le trypanosome à identifier. Il est nécessaire que les trypanosomes soient nombreux et qu'ils ne s'agglutinent pas entre eux, comme cela arrive souvent pour *Tr. dimorphon*. On procède à l'examen histologique quelques minutes après que le mélange a été fait, on recherche si des attachements des trypanosomes aux leucocytes se sont produits, et dans quelle proportion.

Les expériences que nous avons entreprises, d'après ces indications, nous ont fourni les résultats qui suivent.

Avec du sérum Nagana-Togo et des *Tr. togolense* qui nous ont été remis très obligeamment par M. Levaditi, nous avons observé des attachements nombreux (sérum pur ou dilué à $\frac{1}{50}$ ou à $\frac{1}{100}$).

Avec du sérum Surra-Maurice et des *Tr. Evansi*, des attachements nombreux se sont également produits (sérum pur ou dilué).

Mais les mêmes résultats ont été obtenus en faisant agir le sérum Nagana-Togo sur les *Tr. Evansi* ou le sérum Surra-Maurice sur les *Tr. togolense*.

Faut-il conclure de cette expérience que Nagana-Togo = Surra? Nous ne le croyons pas. Cette conclusion serait en contradiction avec ce fait qu'un animal ayant l'immunité pour le Surra s'infecte par *Tr. togolense* comme un animal témoin [2]. Il est probable que les résultats, discordants en apparence, fournis par les deux méthodes, tiennent à ce que la méthode *in vivo* est plus sensible que la méthode de sérodiagnostic *in vitro*. Déjà Mesnil et Brimont avaient constaté (*op. cit.*) que le sérum Surra avait une certaine activité (en mélange) contre *Tr. togolense*.

Les sérums Nagana-Togo et Surra n'ont pas donné d'attachements avec les trypanosomes Nagana-Ouganda, Nagana-ferox, *Tr. gambiense* et *Tr. dimorphon*.

Les sérums d'un cobaye et d'un chien infectés avec *Tr. gambiense*, et saignés en crise, n'ont pas donné d'attachements des *Tr. gambiense*, même lorsque ces sérums ont été employés purs. Le sérum d'un cobaye saigné en pleine infection s'est montré plus actif que le sérum du cobaye saigné en crise, encore n'a-t-il pas produit des atta-

---

(1) C. Levaditi et S. Mutermilch, *Soc. de Biologie*, 24 décembre 1910.

(2) F. Mesnil, *Sur l'identification de quelques trypanosomes pathogènes* (*Bul. Soc. path. exotique*, t. III, 1910, p. 376).

chements nombreux avec *Tr. gambiense* et il a donné des attachements, en petit nombre à la vérité, avec *Tr. congolense*.

Le sérum d'un cobaye infecté avec le trypanosome du Nagana-Ouganda, et saigné en crise, a donné des attachements avec les trypanosomes correspondants, mais le phénomène, limité à un nombre restreint de parasites, n'a pas été caractéristique.

Les sérums de cobayes infectés par *Tr. congolense* et par *Tr. pecorum* et saignés en pleine infection [1] ont donné des attachements avec les trypanosomes correspondants; pas d'attachements avec les trypanosomes hétérogènes. La réaction a été malheureusement limitée à un nombre assez restreint de parasites, comme dans le cas précédent.

Le sérum du cobaye infecté par *Tr. congolense* n'a pas produit d'attachements avec les *Tr. pecorum*, non plus que le sérum du cobaye infecté par *Tr. pecorum* avec les *Tr. congolense*, ce qui confirme l'opinion émise par l'un de nous, sur la spécificité de ces deux trypanosomes [2].

Le sérum d'un mouton ayant acquis l'immunité contre *Tr. dimorphon*, actif en mélange avec ce virus, essayé avec du sang riche en *Tr. dimorphon*, n'a pas produit d'attachements, ce qui prouve qu'il ne s'agit pas d'une réaction d'immunité.

Il nous paraît ressortir de ces expériences que, si la réaction d'attachement peut fournir des indications utiles pour l'identification des trypanosomes, on s'exposerait à l'erreur en lui attribuant une valeur absolue, exclusive.

L'identification des trypanosomes pathogènes doit être basée d'abord sur l'ensemble des caractères que présentent ces parasites au point de vue morphologique et au point de vue de l'action pathogène sur les différentes espèces animales. Dans les cas où ces caractères sont insuffisants pour permettre l'identification, les méthodes de séro-diagnostic de Laveran et Mesnil ou de Levaditi et Mutermilch peuvent être utilisées, mais c'est la méthode consistant à établir l'existence de l'immunité croisée pour une trypanosomiase donnée et pour la trypanosomiase à identifier qui doit inspirer le plus de confiance.

---

(1) Il n'est pas toujours possible de saigner les animaux trypanosomiés pendant une crise trypanolytique bien marquée; il était donc intéressant de savoir si le sérum obtenu en saignant un animal en pleine infection pouvait servir à la recherche des attachements. L'activité du sérum obtenu dans ces conditions n'est pas douteuse; on a vu plus haut que du sérum de cobaye infecté de *Tr. gambiense*, saigné en pleine infection, s'est montré plus actif que les sérums d'un cobaye et d'un chien saignés en crise. Nous devons ajouter que ce sont des sérums d'animaux saignés en crise qui nous ont donné les plus belles réactions d'attachements (Nagana-Togo, Surra).

(2) A. Laveran, *Soc. de Pathologie exotique*, 14 décembre 1910.

ZOOLOGIE. — *Observations sur les Pycnogonomorphes et principalement sur le* Pentapycnon Geayi, *espèce tropicale à dix pattes*. Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Comme je l'ai montré il y a quelques mois [1] la découverte dans les mers antarctiques de Pycnogonides à dix pattes permet de diviser la classe en quatre séries ou ordres, représentées chacune par un type primitif décapode auquel font suite les formes octopodes normales. Ces quatre séries sont les suivantes : 1° Les Colossendéomorphes comprenant les *Decolopoda* décapodes et les *Colossendeis* octopodes; 2° les Nymphonomorphes ayant pour formes primitives les *Pentanymphon* décapodes auxquels s'ajoutent les Pallénidés et les Phoxichilidiidés octopodes; 3° les Ascorhynchomorphes où l'on n'a pas encore trouvé de types décapodes et qui se composent des Eurycydidés (palpes de 10 articles), probablement aussi des Ammothéidés (palpes de 4 à 9 articles) que j'avais à tort rapprochés du groupe précédent; 4° les Pycnogomorphes avec les *Pentapycnon* décapodes et les *Pycnogonum* octopodes.

C'est à la série des Pycnogomorphes que sera consacrée la présente Note.

Étant données les découvertes récentes, on aurait pu croire que les Pycnogonidés décapodes étaient localisés dans la mer Antarctique, et en faisant la jolie trouvaille du *Pentapycnon Charcoti*, les naturalistes du *Pourquoi-Pas?* semblaient avoir donné un fondement sérieux à cette conception. Mais il n'en est certainement pas ainsi. En étudiant les Pycnogonides recueillis par M. Geay sur la côte de la Guyane française, au milieu des Hydraires, j'ai trouvé, non sans surprise, une seconde espèce de *Pentapycnon* représentée par de nombreux exemplaires des deux sexes. Comme on le verra plus loin, ce nouveau Pycnogonide décapode est très différent du *P. Charcoti*. C'est pour moi un devoir de le nommer *Pentapycnon Geayi*, en souvenir du cher et vieil ami qui a tant fait pour l'histoire naturelle et qui mourut bravement où il avait passé une grande partie de son existence, sur le champ même des explorations.

Le *Pentapycnon* Geayi n'a point les dimensions quasi gigantesques du *P. Charcoti;* il est de la taille des *Pycnogonon*, son céphalothorax (céphalon + tronc) mesurant en moyenne $3^{mm},5$ de longueur, et non 17^{mm} comme celui de *P. Charcoti;* sa largeur

[1] E.-L. Bouvier, *Les Pycnogonides à cinq paires de pattes recueillis par la Mission antarctique Jean Charcot du* Pourquoi-Pas? (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 126).

relative est d'ailleurs plus grande, car elle dépasse la moitié de la longueur, tandis qu'elle n'atteint pas tout à fait ce rapport dans l'autre espèce. Au surplus, le type des deux formes est essentiellement autre: le *P. Charcoti* appartient au groupe des Pycnogonomorphes à téguments chagrinés, alors que le *P. Geayi* a des téguments réticulés comme certaines espèces de *Pycnogonon*. La trompe est franchement conique, fort rétrécie en avant et longue comme les deux tiers du céphalothorax, tandis qu'elle est ovoïde à sa base, puis dilaté vers le bout dans le *P. Charcoti*, où elle porte trois tubercules distaux et ne mesure guère plus de la moitié de la longueur du céphalothorax. Les tubercules dorsaux présentent la forme d'un cône obtus dans les deux espèces, mais les cônes sont relativement plus réduits dans l'espèce de la Guyane où d'ailleurs l'on n'observe pas de petits tubercules sur le céphalon, en arrière du tubercule oculaire; ce dernier a un bout arrondi dans les deux formes, mais il apparaît assez bien isolé dans le *P. Charcoti*, alors qu'il se présente comme la terminaison d'une grande voussure dorsale dans le *P. Geayi*. L'abdomen se dilate régulièrement de la base au sommet dans cette dernière espèce, où il se termine en bout arrondi; c'est au contraire une massue à large base et à sommet tronqué dans l'espèce du *Pourquoi-Pas?*. Les pattes sont peu différentes dans les deux formes et dépourvues de nodosités ou de tubercules; les tarses y sont très courts et les propodes arqués s'atténuent régulièrement depuis la base, les griffes sont fortes et au moins aussi longues que la moitié du propode.

Toutes ces différences sont d'ordre spécifique, et les deux formes appartiennent bien au même genre *Pentapycnon* dont il est possible, dès lors, de fixer exactement les caractères. A vrai dire, nous ne connaissions du *P. Charcoti* que le sexe mâle, car les deux petits exemplaires que j'avais pris pour des femelles sont en réalité de jeunes mâles où j'ai pu distinguer les rudiments, en courts bourgeons, des ovigères. Mais les deux sexes sont bien représentés dans l'espèce de la Guyane, ce qui permet de combler une très regrettable lacune.

Or le seul caractère par lequel les *Pentapycnon* se distinguent du *Pycnogonon* est la présence de 5 paires de pattes dans le premier genre, de 4 paires dans le second; peut-être faut-il ajouter que les pattes sont un peu plus grêles et un peu plus longues chez les *Pentapycnon*, mais encore faudrait-il, pour établir ce fait, des mesures comparatives très rigoureuses. Contrairement à ce que j'avais supposé, non sans doute, il n'est pas exact que les orifices sexuels soient représentés, chez les *Pentapycnon*, sur le deuxième article coxal de toutes les pattes, on les trouve en même nombre et à la même place que chez les *Pycnogonon :* ceux de la femelle, assez grands, sur la face supéro-postérieure du deuxième article coxal de la dernière patte; ceux du mâle, fort petits, un peu en avant, sur la face inférieure du même article.

Les orifices que je considérais comme sexuels me paraissent bien représentés sur le deuxième article coxal de toutes les pattes dans le *P. Charcoti*, mais ils appartiennent à des glandes annexes qui ne semblent pas rares chez les autres Pycnogonides ([1]), bien que je n'aie pu encore les découvrir dans le *P. Geayi*.

Quoi qu'il en soit, on ne saurait dire que les *Pentapycnon* sont des *Pycnogonon* chez lesquels s'est développée une paire de pattes supplémentaires; s'il en était ainsi, les orifices sexuels du genre décapode se trouveraient, comme dans les *Pycnogonon*, sur les pattes de la quatrième paire. En fait, comme je l'ai observé déjà, les Pycnogomorphes sont des formes où la différenciation a été fort ancienne, faisant disparaître les palpes, les chélicères, les ovigères de la femelle et tous les orifices génitaux à l'exception du dernier. Les *Pycnogonon* sont tout simplement des *Pentapycnon* à segmentation réduite.

L'intéressante capture faite à la Guyane par le regretté Geay nous montre en outre que les Pycnogonomorphes primitifs, ou *Pentapycnon*, ont réalisé les deux types qu'on observe dans les *Pycnogonon* : le type chagriné, qui offre sa réalisation parfaite dans le *P. Charcoti*, et le type réticulé dont le *P. Geayi* nous offre un magnifique exemple.

Ces deux types, on le sait, se présentent également chez les *Pycnogonon*. Sur les 15 espèces que compte actuellement le genre, 11 appartiennent au type chagriné, les 4 autres à la forme réticulée.

Les *Pycnogonon* chagrinés se trouvent dans toutes les mers, depuis la région boréale où ils ont pour représentant notre espèce vulgaire, le *P. littorale* Str., jusque dans les eaux antarctiques et subantarctiques où ils comptent comme espèces le *P. Gaini* Bouv., le *P. magellanicum* Hoek et le *P. magnirostre* Möb. On les trouve aussi dans les mers tropicales indo-malaises (*P. occa* Loman) et dans la Méditerranée où Dohrn en a signalé deux espèces, le *P. nodulosum* et le *P. pusillum*. J'ai pu me convaincre qu'ils sont également répandus dans les régions atlantiques chaudes : la collection des Pycnogonides du Muséum renferme une espèce capturée par M. de Cessac aux Iles du Cap Vert et que je désignerai, en conséquence, sous le nom de *Pycnogonon Cessaci*. L'animal est de fort petite taille comme le *P. pusillum* dont il ne se distingue que par ses appendices dépourvus de griffes accessoires et par son abdomen cylindrique ou légèrement ovoïde. On trouvera sans doute d'autres formes dans l'Atlantique tropicale, sur-

([1]) Les orifices de ces glandes sont particulièrement grands dans les *Colossendeis*.

tout si l'on explore ses profondeurs sublittorales, comme le firent, aux environs de Ceram, les naturalistes du *Siboga*.

Les *Pycnogonon* à téguments réticulés paraissent beaucoup plus rares que les précédents, et bien plus localisés. On en connaissait jusqu'ici trois espèces : deux à pattes fortement tuberculeuses (*P. tumulosum* Loman de la région d'Amboine, *P. cataphractum* Möbius du banc Agulhas), la troisième dépourvue de tubercules appendiculaires (*P. mucronatum* Loman capturé à Sumbawa). A ces trois espèces, il convient d'en ajouter une autre recueillie par M. Geay à Madagascar et, en conséquence, de l'hémisphère sud comme les précédentes. Cette espèce peut être appelée *P. madagascariensis*. Ayant presque la taille de notre *P. littorale* et comme celle-ci de couleur brunâtre, est quelque peu voisine du *P. mucronatum* dont elle se distingue d'ailleurs par sa trompe en tronc de cône obtus, par ses tubercules dorsaux qui ne s'élèvent point en colonnes, par l'absence de tubercules sur les prolongements coxaux, et par son très court abdomen qui se dilate beaucoup d'avant en arrière où il est largement tronqué. J'ai observé sur les pattes de cette espèce, à la partie dorsale de la deuxième coxa, une tache claire identique à celle du *Pentapycnon Charcoti* et, sans doute aussi, comme cette dernière, de nature glanduleuse.

Tandis que les *Pycnogonon* chagrinés sont connus depuis très longtemps, ceux où les dessins de la chitine se disposent en réseau appartiennent aux conquêtes scientifiques toutes récentes; le premier (*P. cataphractum*) fut décrit en 1902 par Möbius, et c'est en 1908 que le *Siboga* découvrit les deux autres. Mais bien que d'aspects très différents les deux types ont à coup sûr une origine fort ancienne, puisqu'ils se trouvent réalisés l'un et l'autre, à la perfection, dans les Pycnogonomorphes primitifs, c'est-à-dire dans les *Pentapycnon*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification et saponification directes par catalyse*. Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Dans une Communication récente ([1]), nous avons fait connaître dans quelles conditions on peut espérer l'éthérification directe des alcools par les acides organiques, au moyen de divers oxydes irréductibles employés comme catalyseurs.

([1]) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 358.

Il faut que, dans les circonstances où l'on opère, le catalyseur n'exerce aucune décomposition importante de l'acide. C'est, nous l'avons vu, le cas très net de l'acide benzoïque ou des acides toluiques, pour lesquels *l'oxyde de thorium* fournit une éthérification directe très avantageuse avec les divers alcools primaires, et même secondaires.

L'emploi, comme catalyseur, de *l'oxyde titanique* TiO^2 semblait devoir être particulièrement avantageux, parce qu'il catalyse les acides forméniques plus lentement que l'oxyde de thorium, et que la fonction acide prépondérante de l'hydrate titanique qui lui correspond, doit sans doute procurer une formation très rapide du composé alcoolique intermédiaire instable.

Effectivement, si l'on dirige sur une traînée d'oxyde titanique maintenu à 280°-300° les vapeurs d'un mélange à molécules égales d'un alcool primaire et d'un acide forménique (autre que l'acide formique), on obtient une éthérification intense, atteignant une limite voisine de celle qui avait été observée par Berthelot ou par Mentschukine dans leurs expériences d'éthérification directe.

Le dégagement gazeux, corrélatif d'une certaine destruction de l'acide ou de l'alcool, est dans ces conditions absolument négligeable.

Le temps très court que le mélange des vapeurs met à parcourir le tube à oxyde suffit pour atteindre la limite. Nous avons déjà signalé qu'à la même température, *en l'absence du catalyseur*, la traversée du tube ne détermine qu'une éthérification insensible.

On sait que, dans les réactions limitées, la valeur de la limite n'est pas modifiée par la présence du catalyseur qui a seulement pour effet d'accroître fortement la vitesse avec laquelle cette limite est atteinte. Ainsi dans la décomposition de l'acide iodhydrique, M. Lemoine a montré qu'aux mêmes conditions physiques de température et de pression, la proportion limite d'iode libéré est la même, qu'elle soit obtenue très lentement sans catalyseur, ou très vite au contact de mousse de platine (1).

Dans le cas particulier de l'éthérification, Berthelot a reconnu que la valeur de la limite est peu modifiée par l'élévation de température. Pour la réaction de molécules égales d'alcool éthylique et d'acide acétique, il a indiqué pour cette valeur :

	Pour 100.
A froid (16 ans)	65,2
A 100° (200 heures)	65,6
A 170° (42 heures)	66,5
A 200° (24 heures)	67,3

(1) G. Lemoine, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XII, 1877, p. 145.

Ces chiffres indiquent, non une fixité absolue de la limite, mais une progression lente avec la température : ils permettaient de prévoir une limite encore un peu plus haute pour l'éthérification réalisée à molécules égales vers 280°-300°.

Rappelons les valeurs des limites obtenues à 155° par Mentschukine pour divers alcools opposés à molécules égales à divers acides [1] :

				Pour 100.
Acide acétique	+	alcool	méthylique	69,6
»	+	»	éthylique	66,6
»	+	»	propylique	66,9
»	+	»	butylique	67,3
»	+	»	isobutylique	67,4
Acide propionique	+	»	»	68,7
» butyrique	+	»	»	69,5
» isobutyrique	+	»	»	69,5

Nous avons obtenu, à 280°-300°, les limites suivantes :

				Pour 100.
Acide acétique	+	alcool	isobutylique	69,5
» propionique	+	»	méthylique	72,9
» »	+	»	isoamylique	72
» butyrique	+	»	éthylique	71
» »	+	»	isoamylique	72,7
» isobutyrique	+	»	éthylique	71

Ces valeurs sont toutes un peu supérieures aux valeurs correspondantes obtenues à des températures plus basses.

On retrouve d'ailleurs, dans l'éthérification ainsi rendue rapide par la présence du catalyseur, des lois identiques à celles que Berthelot avait formulées.

L'excès de l'un des constituants favorise la limite de combinaison de l'autre.

Nous avons opéré sur 1^{mol} d'acide isobutyrique opposée successivement à 1^{mol}, 2^{mol}, 4^{mol} d'alcool éthylique. La proportion d'acide éthérifié a été :

	Pour 100.
Avec 1^{mol} d'alcool	71,0
Avec 2^{mol} d'alcool	83,5
Avec 4^{mol} d'alcool	91,0

(1) MENTSCHUKINE, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XX, 1880, p. 289, et t. XXIII, 64.

En présence de plus de 10^{mol} d'alcool, l'éthérification de l'acide est à peu près complète, et inversement en présence d'un grand excès d'acide, l'alcool est totalement éthérifié.

Nous avons pu, en profitant de cette indication, préparer facilement les éthers-sels que fournissent deux à deux les alcools *méthylique*, *éthylique*, *propylique*, *butylique*, *isobutylique*, *isoamylique*, avec les acides *acétique*, *propionique*, *butyrique*, *isobutyrique*, *isovalérique*, *caproïque*, etc.

L'alcool benzylique fournit avec ces divers acides des résultats non moins avantageux. La déshydratation de l'alcool en produit résineux $(C^7H^6)^x$, qui est si rapide au contact des oxydes catalyseurs, n'a presque plus lieu en présence des vapeurs acides. Nous avons pu isoler de la sorte les divers éthers-sels, par exemple, l'*isovalérianate de benzyle*, qui n'avait pas été décrit : c'est un liquide d'odeur agréable bouillant à 245°.

Au contraire, il est tout à fait impossible de réaliser sur l'oxyde titanique l'éthérification des divers alcools par l'*acide formique*, parce que ce dernier est très rapidement décomposé au-dessous de 280°.

L'oxyde de thorium peut, dans les réactions qui précèdent, être substitué à l'oxyde titanique; mais il est moins avantageux, parce qu'il dédouble plus vite les acides forméniques. Pourtant, si l'on maintient la température au-dessous de 300°, on peut généralement arriver à éviter tout dégagement gazeux et réaliser les mêmes éthérifications. La supériorité de l'acide titanique, qui est peu marquée pour les acide butyriques, valérique, caproïque, est très manifeste vis-à-vis des acides propionique et acétique, dont le dédoublement par la thorine est trop rapide.

La possibilité d'une *saponification directe* des éthers-sels par l'eau, en présence des oxydes catalyseurs, résulte de l'existence même de la limite dans la formation de ces éthers. Nous avons reconnu qu'elle est facilement réalisée sur l'oxyde titanique entre 280° et 300°. En dirigeant sur cet oxyde le mélange de la vapeur de l'éther-sel et d'un excès suffisant de vapeur d'eau, on totalise la saponification, et l'acide est libéré à peu près tout entier, ainsi que l'alcool, sans qu'il se produise aucune destruction appréciable. C'est ce que nous avons vérifié dans plusieurs cas (acétate d'éthyle, benzoate d'éthyle, etc.).

M. **Gustaf Retzius** fait hommage à l'Académie du Tome XV (*Neue Folge*) de ses *Biologische Untersuchungen*.

PLIS CACHETÉS.

M. F. DE CARLSHAUSEN demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 13 janvier 1908 et inscrit sous le n° 7281.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Description d'un transformateur.*

M. CÉSAR AUGUSTO DE CONDÉ demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 janvier 1911.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *La résolution du problème de la conquête de l'air.*

(Ces deux Notes sont renvoyées à la Commission d'Aéronautique.)

CORRESPONDANCE.

M. le Recteur **W.-C. BRÖGGER** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du Centenaire de l'Université royale Frédéricienne de Christiania, qui auront lieu les 5 et 6 septembre 1911.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Les prix Nobel en* 1908.

2° HOWARD TAYLOR RICKETTS *y sus trabajos el tabardillo.*

3° KUNGLIGA VETENSKAPS SOCIETETENS *i Upsala Tvåhundraårsminne.*

4° *Mission du* SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE *pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences,* 1899-1906. Tome IX, fasc. I.

5° *Contribution à l'histoire de la Chimie, à propos du Livre de M. Ladenburg sur l'histoire du développement de la Chimie depuis Lavoisier*, par A. COLSON. (Présenté par M. Armand Gautier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'indétermination des fonctions uniformes au voisinage de leurs coupures.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Picard.

Je veux préciser les résultats relatifs à l'allure de certaines fonctions uniformes au voisinage de certains points de leurs coupures, et montrer comment ces résultats peuvent se déduire, en particulier au moyen d'équations différentielles, de l'étude de la fonction exponentielle.

La fonction $e^{-\frac{1}{x}}$ tend vers zéro quand la variable $x = \xi + i\eta$ tend vers l'origine sur un chemin sur lequel $\xi : \eta^2$ tend vers $+\infty$, par conséquent même sur certains chemins tangents à l'origine à l'axe $O\eta$, mais dont l'origine n'est pas un point ordinaire. Sur un chemin sur lequel $\xi : \eta^2$ ne tend pas vers $+\infty$, la fonction $e^{-\frac{1}{x}}$ est indéterminée : le domaine d'indétermination est une aire ou une ligne ; en particulier il est une ligne si $\xi : \eta^2$ tend vers une limite finie.

Riemann, en étudiant les produits infinis de la théorie des fonctions elliptiques, a établi que la fonction modulaire tend vers une limite quand la variable tend vers un point d'abscisse rationnelle $\frac{m}{n}$ de l'axe réel sur un chemin sur lequel $\eta : \left(\xi - \frac{m}{n}\right)^2$ tend vers l'infini; la limite est 0, 1 ou ∞, suivant que dans la fraction irréductible $\frac{m}{n}$, n ou m est pair, ou m et n sont impairs [1]. On peut rattacher ce résultat à l'étude de la fonction exponentielle parce que la fonction modulaire admet au voisinage du point $\frac{m}{n}$ un développement holomorphe suivant les puissances de $e^{\frac{hi}{x-\frac{m}{n}}}$, h désignant une constante négative. Ce développement peut être obtenu par la considération de la substitution parabolique faisant partie du groupe de la fonction modulaire, et dont le point $\frac{m}{n}$ est le point double; et le procédé [2] est

---

[1] *Werke*, 2e éd., p. 454. Un passage de la *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes* (t. I, p. 196) peut laisser croire que la fonction modulaire ne tend vers une limite que si la variable tend vers le point $\frac{m}{n}$ sur un chemin normal à l'axe réel.

[2] Poincaré, *Acta mathematica*, t. I, p. 213; Picard, *Traité d'Analyse*, t. III, p. 338.

applicable au cas général d'une fonction fuchsienne ou kleinéenne et du point double d'une substitution parabolique d'une telle fonction. Dans ce même cas, le développement peut aussi être déduit de l'équation différentielle algébrique du troisième ordre que vérifie la fonction fuchsienne ou kleinéenne.

Les développements de la fonction modulaire et des fonctions connexes suivant les puissances de $e^{i\pi x}$ sont des cas particuliers des développements précédents, dans lesquels le point double de la substitution parabolique considérée est le point $x = \infty$.

D'ailleurs si, sur le chemin décrit par le point x, $\eta : \left(\xi - \frac{m}{n}\right)^2$, sans tendre vers l'infini, finit par être assez grand pour que le point $e^{\frac{hi}{x-\frac{m}{n}}}$ soit intérieur au cercle de convergence du développement holomorphe, ce développement permet encore de déduire du domaine d'indétermination, ligne ou aire, de la fonction $e^{\frac{hi}{x-\frac{m}{n}}}$ sur le chemin considéré le domaine d'indétermination, ligne ou aire, de la fonction modulaire. Il y a donc des chemins tangents à l'axe réel au point $\frac{m}{n}$, et dont ce point est un point ordinaire, sur lesquels la fonction modulaire n'est pas complètement indéterminée.

Jacobi a montré que, si l'on considère une période ω de l'intégrale elliptique comme fonction du rapport des périodes x, cette fonction satisfait à une équation différentielle algébrique du troisième ordre [1]; cette équation est équivalente au système

$$y(1-y)\frac{d^2\omega}{dy^2} + (1-2y)\frac{d\omega}{dy} - \frac{\omega}{4} = 0, \qquad \frac{\omega_1(y)}{\omega(y)} = x,$$

$\omega(y)$ et $\omega_1(y)$ désignant deux intégrales distinctes de l'équation linéaire. Pour un choix convenable des constantes d'intégration, la fonction $y(x)$ définie par le système précédent est la fonction modulaire ; et il résulte de ce système que, quand la fonction modulaire tend vers 0 ou 1, la fonction $\omega(x)$ correspondante tend vers l'infini, et quand la fonction modulaire tend vers l'infini, la fonction $\omega(x)$ tend vers zéro.

Or la fonction $\omega(x)$ admet comme la fonction modulaire l'axe réel

---

[1] *Journal de Crelle*, t. 36.

comme coupure, et peut être définie par la série

$$\sqrt{\frac{2\omega(x)}{\pi}} = 1 + 2e^{i\pi x} + 2e^{4i\pi x} + 2e^{9i\pi x} + \ldots$$

qui converge au-dessus de cet axe. La transformation $e^{i\pi x} = q$ fait correspondre à la série précédente la série entière

$$1 + 2q + 2q^4 + 2q^9 + 2q^{16} + \ldots,$$

dont le cercle de convergence est le cercle de rayon 1, et qui admet ce cercle comme coupure. Cette série, pour $q = -1$, a été souvent citée comme exemple de série divergente ([1]). Il résulte des remarques précédentes qu'elle tend vers une limite quand le point $q = \rho e^{i\theta}$ tend vers un point du cercle de convergence dont l'argument est commensurable avec π sur un chemin sur lequel $(1 - \rho) : \left(\theta - \frac{m}{n}\pi\right)^2$ tend vers l'infini, par conséquent même sur certains chemins tangents au cercle de convergence au point d'argument $\frac{m}{n}\pi$, mais dont ce point n'est pas un point ordinaire. La limite est ∞ ou 0, suivant que les deux nombres m et n ne sont pas ou sont impairs : au point $q = -1$, elle est 0. D'ailleurs la fonction n'est pas complètement indéterminée sur tous les chemins tangents au cercle de convergence au point d'argument $\frac{m}{n}\pi$, et dont ce point est un point ordinaire.

D'autres séries entières de la théorie des fonctions elliptiques peuvent être étudiées d'une manière analogue et ont une allure analogue au voisinage des points du cercle de convergence dont l'argument est commensurable avec π. Telle est la série

$$1 + q^{1.2} + q^{2.3} + q^{3.4} + q^{4.5} + \ldots,$$

qui est en relation simple avec la précédente ([2]); au point d'argument $\frac{m}{n}\pi$, cette série a pour valeur-limite 0 ou ∞, suivant que n est pair ou impair. Cette série donne encore, pour $q = i$, un exemple simple de série divergente.

([1]) BOREL, *Leçons sur les séries divergentes*, p. 7.
([2]) HALPHEN, *Comptes rendus*, 2 mai 1881.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions continues par des polynomes.* Note de M. S. **Bernstein**, présentée par M. Émile Picard.

I. Dans un Mémoire [1] qui vient de paraître, M. de la Vallée Poussin a établi la proposition suivante :

Si $P_n(x)$ *est un polynome de degré* n, *il est possible de fixer un nombre* K *indépendant de* n, *tel que l'inégalité*

$$\left|P_n(x) - |x|\right| < \frac{K}{n(\log n)^3} \tag{1}$$

ne puisse certainement avoir lieu sur tout le segment $(-1, +1)$.

D'autre part, dans un autre Mémoire [2] paru il y a plus de deux ans, l'éminent géomètre avait construit des polynomes P_n qui satisfont à une inégalité un peu plus large.

$$\left|P_n(x) - |x|\right| < \frac{K}{n}. \tag{2}$$

II. Ayant obtenu par une méthode différente des résultats analogues et plus complets à certains égards, je me permets d'indiquer brièvement les principaux entre eux.

D'abord, pour ce qui concerne la fonction $|x|$, j'en ai fait une étude spéciale qui m'a permis d'établir non seulement l'impossibilité de l'inégalité (1), mais aussi de fixer un nombre k tel que l'*inégalité*

$$\left|P_n(x) - |x|\right| < \frac{K}{n \log n} \tag{3}$$

ne soit possible pour aucune valeur de n.

III. J'ai obtenu de plus la proposition générale que voici :

S'il existe pour toute valeur de n *des polynomes* P_n *de degré* n *(ou inférieur*

---

(1) *Sur les polynomes d'approximation et la représentation approchée d'un angle* (*Bull. de l'Acad. de Belgique*, décembre 1910).

(2) *Sur la convergence des formules d'interpolation entre ordonnées équidistantes* (*Ibid.*, avril 1908).

à n) tels que sur un segment AB *on ait l'inégalité*

$$|P_n(x) - f(x)| < \frac{K}{n^p(\log n)^{1+\varepsilon}}, \tag{4}$$

K *et* ε *étant des nombres positifs indépendants de n, et p un entier positif également indépendant de n, la fonction f(x) admet une dérivée finie et continue d'ordre p sur le même segment (extrémités exclues).*

Appliquée à la fonction $|x|$ dont la dérivée première est discontinue, notre proposition générale ne permet pas d'affirmer que l'inégalité (4) (avec $p = 1$) ne peut jamais avoir lieu, elle prouve seulement l'existence d'une infinité de valeurs de n, où cette inégalité n'est pas remplie : le résultat spécial indiqué plus haut est donc bien plus précis. Cela tient à la nature particulière de la fonction $|x|$; mais il est aisé de construire des fonctions sans dérivées qui pour une infinité de valeurs de n (pas pour toutes, bien entendu) remplissent l'inégalité (4).

IV. D'ailleurs les méthodes classiques permettent de construire des polynomes P_n et de démontrer la proposition [1] suivante qui est presque la réciproque de la précédente.

Si la fonction f(x) admet une dérivée finie à variation bornée d'ordre p, il est possible de construire pour toute valeur de n des polynomes P_n *de degré n au plus, tels qu'on ait*

$$|f(x) - P_n(x)| < \frac{K}{n^p},$$

K *étant indépendant de n.*

J'observerai qu'il est extrêmement probable que la restriction, que la dérivée en question doit être à variation bornée, n'est pas essentielle, mais provient uniquement de l'imperfection des méthodes de démonstration qui ont pour point de départ la représentation des fonctions par des intégrales définies.

V. Quoi qu'il en soit, il résulte des propositions des paragraphes III et IV que *la condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction f(x) admette des dérivées de tous les ordres sur un segment* AB *est qu'il existe pour toute*

---

(1) Pour le cas de $p = 1$, cette proposition a été donnée par M. de la Vallée-Poussin dans son ancien Mémoire cité plus haut.

valeur de n des polynomes P_n de degré n au plus, tels que sur tout le segment on ait

$$|f(x) - P_n(x)| < \varepsilon_n,$$

où $n^p \varepsilon_n$ tend vers zéro, lorsque n croît indéfiniment, quel que soit l'exposant déterminé p.

VI. Et, enfin, en examinant au même point de vue les fonctions analytiques, j'ai démontré la proposition suivante :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction $f(x)$ de variable réelle soit analytique (holomorphe) sur un segment AB, est qu'il existe pour toute valeur de n des polynomes P_n de degré n au plus, tels que sur tout ce segmeut on ait

$$|f(x) - P_n(x)| < M\rho^n,$$

ρ et M étant des nombres fixes indépendants de n, dont le premier est inférieur à un.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la pentasérie linéaire de corps solides.* Note de **C. Cailler**, présentée par Émile Picard.

Une réclamation de priorité a été soulevée dans les *Comptes rendus* par M. Study à l'occasion des recherches de MM. de Saussure et Bricard sur les systèmes de corps solides. M. Study se réclame du fait que les huit coordonnées homogènes d'un corps solide se trouvent déjà dans un article publié par lui dans les *Math. Annalen* (t. XXXIX, 1891). Sans vouloir prendre parti dans ce débat, il sera permis de rappeler que plusieurs savants ont déjà fait usage de ces huit coordonnées. C'est ainsi qu'elles se trouvent mentionnées dans l'Ouvrage bien connu de M. Tait (*Théorie élémentaire des quaternions*, traduction Plarr, 2^e édition, t. II, 1884, p. 165 et suiv.), à propos du problème de la rotation d'un corps solide. Tait présente ces coordonnées comme une modification de celles dont s'était servi Cayley et, avant lui, O. Rodrigues. Aucun de ces auteurs, et c'est là le point essentiel, n'a eu l'idée de considérer ces coordonnées comme déterminant la position d'un solide dans l'espace.

Quoi qu'il en soit, et ainsi que l'a suggéré M. Study, il est avantageux, au point de vue de la symétrie, d'étudier cette nouvelle Géométrie cinématique d'abord dans l'espace non euclidien et de traiter ensuite le cas de

l'espace ordinaire comme cas limite. C'est ce que je me propose de faire pour la pentasérie linéaire et, parmi les trois géométries, c'est celle de Lobatchewski qui est ici la plus simple et la seule que je veux envisager.

Définissons les coordonnées complexes d'une droite par les formules

$$\lambda = l + ip, \qquad \mu = m + iq, \qquad \nu = n + ir,$$

où l, m, n, p, q, r sont les coordonnées pluckériennes ordinaires. On sait que le groupe des mouvements de l'espace hyperbolique est alors un simple groupe orthogonal en λ, μ, ν, mais à paramètres généralement complexes. Ainsi, de même que les mouvements d'une sphère autour de son centre sont déterminés par les coordonnées réelles de Rodrigues e, f, g, h, de même les mouvements d'un corps solide dans l'espace hyperbolique dépendent de quatre quantités complexes

$$(1) \qquad e = e_0 + ie_1, \qquad f = f_0 + if_1, \qquad g = g_0 + ig_1, \qquad h = h_0 + ih_1,$$

entre lesquelles existe la relation

$$e^2 + f^2 + g^2 + h^2 = 1,$$

qui se décompose en

$$e_0^2 + f_0^2 + g_0^2 + h_0^2 - e_1^2 - f_1^2 - g_1^2 - h_1^2 = 1,$$

et

$$e_0 e_1 + f_0 f_1 + g_0 g_1 + h_0 h_1 = 0.$$

La signification des quantités e, f, g, h est au reste fort simple. Si λ, μ, ν désignent les coordonnées de l'axe réel du mouvement hélicoïdal, qui permet d'amener le corps solide de sa première à sa dernière position, α l'angle de rotation, β la translation de ce mouvement hélicoïdal, k le module de la géométrie hyperbolique et

$$u = \frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2k} i,$$

on a

$$(2) \qquad e = \cos u, \qquad f = \sin u . \lambda, \qquad g = \sin u . \mu, \qquad h = \sin u . \nu.$$

On peut montrer que les e, f, g, h suivent, dans la composition des mouvements, les lois ordinaires de la multiplication des quaternions : ce sont des biquaternions.

Enfin la pentasérie linéaire de corps solides est définie par l'équation à constantes réelles :

$$a_0 e_0 + a_1 e_1 + b_0 f_0 + b_1 f_1 + c_0 g_0 + c_1 g_1 + d_0 h_0 + d_1 h_1 = 0,$$

et l'ensemble des corps qui la constituent est obtenu par les mouvements hélicoïdaux, de rotation α et translation β, vérifiant la condition

$$\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\operatorname{tang\,hyp.}\frac{\beta}{2k}=\text{const.}$$

Le cas particulier de la pentasérie spéciale à constante réelle a lieu quand

$$a_0a_1+b_0b_1+c_0c_1+d_0d_1=0.$$

Les feuillets de la pentasérie qui enveloppent une sphère, une surface équidistante, ou une horisphère, affectent la disposition caractéristique du couronoïde dans le plan.

J'ajoute qu'il est fort aisé de passer de là au cas extrême de la géométrie euclidienne. Des formules (2) dérive alors une interprétation géométrique facile pour les huit coordonnées homogènes d'un corps solide, et la formule (3) se réduit à

$$\beta\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}=\text{const.},$$

forme sous laquelle M. Bricard représente la pentasérie linéaire dans l'espace euclidien.

NAVIGATION. — *Détermination nomographique du chemin parcouru par un navire en cours de mouvement varié.* Note de M. **M. d'Ocagne**, présentée par M. Bertin.

Le chemin x (exprimé en mètres) que parcourt un navire de déplacement P connu (exprimé en tonnes), à partir du changement d'allure du moteur qui fait passer la vitesse uniforme de la valeur V_0 à la valeur V_1 (exprimées l'une et l'autre en mètres par seconde), est donné en fonction du temps t (exprimé en secondes) par la formule (27') de la Note récemment publiée dans les *Comptes rendus* par M. Bertin [1], savoir

$$x=70,78\,P^{\frac{1}{3}}\log\frac{[(V_1+V_0)e^{At}+(V_1-V_0)]^2}{4V_1^2e^{At}},$$

où le signe log désigne un logarithme vulgaire et où A est donné par la

[1] Séance du 3 janvier 1911.

formule (24) de la même Note, soit

$$A = 0,0326\,P^{-\frac{1}{3}}V_1.$$

Afin de simplifier un peu l'écriture des constantes, nous poserons

$$70,78\,P^{\frac{1}{3}} = h,$$
$$0,0326\,P^{-\frac{1}{3}} = k.$$

Dès lors, la formule faisant connaître x s'écrira

$$(1) \qquad x = h \log \frac{[(V_1 + V_0)e^{kV_1t} + (V_1 - V_0)]^2}{4V_1^2 e^{kV_1t}}.$$

La mise en nombres de cette formule ne laisse pas d'être assez laborieuse; aussi M. Bertin a-t-il bien voulu nous signaler lui-même l'intérêt qu'il y aurait à en obtenir une traduction nomographique.

Pour arriver à cette représentation, nous remarquons d'abord, en posant

$$V_1 + V_0 = \sigma, \qquad V_1 - V_0 = \delta,$$

que, la détermination de ces quantités étant immédiate, nous pourrons les considérer comme des données et, par suite, chercher à obtenir nomographiquement x en fonction de t, V_1, σ et δ, ces variables étant liées par l'équation

$$(1') \qquad \sigma e^{\frac{kV_1t}{2}} + \delta e^{-\frac{kV_1t}{2}} = 2V_1\,10^{\frac{x}{2h}}.$$

En vue d'une très sensible simplification dans les dispositions du nomogramme, nous introduirons la variable auxiliaire ω définie par

$$(2) \qquad \omega = e^{\frac{kV_1t}{2}},$$

ce qui ramènera l'équation à représenter à la forme

$$(3) \qquad \sigma\omega + \delta\omega^{-1} = 2V_1\,10^{\frac{x}{2h}},$$

manifestement représentable par double alignement et réseau à deux cotes, avec charnière rectiligne [1].

Afin, d'ailleurs, de n'avoir à faire aucun calcul numérique auxiliaire, nous construirons, à côté du nomogramme de l'équation (3), celui de

---

[1] *Traité de Nomographie*, p. 230. *Calcul graphique et Nomographie*, p. 238.

l'équation (2). L'ensemble de ces deux nomogrammes fournira la représentation demandée de l'équation (1).

L'équation (2), si on l'écrit

$$(2') \qquad \log \omega = \frac{k V_1 t}{2} \log e,$$

rentre dans le type canonique des équations représentables au moyen de trois échelles rectilignes non concourantes, dont deux peuvent être prises parallèles, et qu'on peut même, si l'on veut (en prenant une seconde fois les logarithmes) réduire au type à trois échelles rectilignes parallèles ([1]).

Quant à la représentation de l'équation (3), nous l'obtiendrons, si nous prenons la charnière comme axe Bv (chacun des nomogrammes partiels étant construit avec un axe Au différent), en posant

$$(3\ bis) \qquad 2 V_1 10^{\frac{x}{2h}} = v,$$

équation rentrant dans le même type canonique que (2'), puis

$$(3\ ter) \qquad \sigma\omega + \delta\omega^{-1} = v.$$

Pour construire le nomogramme de (3 *ter*), nous poserons (en introduisant le facteur numérique λ destiné à rendre le module sur Au indépendant de celui sur Bv)

$$\sigma = -\frac{u}{\lambda}.$$

Il viendra dès lors, pour l'équation en u et v du réseau (δ, ω),

$$\omega u + \lambda v = \lambda\delta\omega^{-1},$$

d'où, pour les coordonnées des points de ce réseau ([2]),

$$x = \frac{\lambda - \omega}{\lambda + \omega}, \qquad y = \frac{\lambda\delta\omega^{-1}}{\lambda + \omega}.$$

On voit ainsi que les lignes (ω) du réseau sont des parallèles à Oy et les lignes (δ) des hyperboles, qui sont tangentes à AB au point A, et qui découpent sur les lignes (ω) des ponctuelles métriques, disposition très simple, susceptible d'une construction très rapide, analogue à celle que nous

---

(1) *Traité de Nomographie*, p. 144 et 161. *Calcul graphique et Nomographie*, p. 240 et 248.

(2) *Tr. de Nom.*, p. 320; *Calc. gr. et Nom.*, p. 306.

avons déjà rencontrée dans nos nomogrammes des équations algébriques des sept premiers degrés ([1]). D'ailleurs, la graduation de l'axe des x s'obtiendra elle-même très aisément par projection d'une échelle métrique ([2]).

En résumé, les deux nomogrammes des équations (2) et (3), l'un N_1 à simple alignement, l'autre N_2 à double alignement, étant construits sur une même feuille, on obtiendra la valeur de x correspondant à des valeurs de V_0, V_1 et t données (après avoir déterminé numériquement les valeurs de $\sigma = V_1 + V_0$ et $\delta = V_1 - V_0$) de la manière suivante :

1° *L'alignement joignant les valeurs de* V_1 *et* t, *sur le nomogramme* N_1, *donnera la valeur de* ω.

2° *L'alignement joignant, sur le nomogramme* N_2, *la valeur de* σ *au point* (ω, δ) *donnera sur la charnière un pivot ; l'alignement joignant ce pivot à la valeur de* V_1 *donnera la valeur de* x.

Observations sur la Note précédente, par M. **Bertin**.

M. d'Ocagne a traité, par son ingénieuse et savante méthode, les formules relatives au mouvement varié du navire établies dans l'hypothèse que la poussée de l'hélice est constante ($\Pi = \Pi_1$), lorsque le travail développé par le moteur est lui-même constant pendant que la vitesse varie. Les formules établies en supposant constant le travail utile, c'est-à-dire le rendement mécanique du propulseur ($\Pi v = \Pi_1 V_1$), paraissent rebelles à l'emploi des nomogrammes.

Cette détermination nomographique qui permet de traiter, sur une seule épure, toutes les combinaisons entre la vitesse du départ V_0 et la vitesse uniforme finale V_1, est une nouvelle et importante addition aux services déjà rendus par M. d'Ocagne pour la solution de tant de problèmes de Mécanique appliquée.

A défaut de nomogrammes, les calculs numériques ont été faits récemment pour le cuirassé *Justice* dans trois cas :

V_0	6^n	10^n	6^n
V_1	10^n	14^n	14^n

([1]) *Tr. de Nom.*, p. 333 ; *Calc. gr. et Nom.*, p. 273 ; voir aussi *Comptes rendus*, 2e sem. 1900, p. 522.

([2]) *Tr. de Nom.*, p. 14 ; *Calc. gr. et Nom.*, p. 172.

et pour six valeurs du temps espacées de minute en minute; même limités à ces proportions, ils représentent un très gros travail qui a été exécuté par M. le lieutenant de vaisseau H. Pelle-Desforges. Pour ces calculs, la vitesse v a été conservée comme variable auxiliaire; elle était déterminée d'abord, en fonction du temps t; le parcours x était ensuite calculé en fonction de v.

Les trois combinaisons de vitesses considérées par M. Pelle-Desforges correspondent à trois expériences de changement de vitesse exécutées par la *Justice*. La concordance entre les parcours observés et les parcours calculés est constamment celle indiquée dans ma Note du 3 janvier dernier.

L'hypothèse d'un rendement du propulseur constant, $\Pi v = \Pi_1 V_1$, conduit à des équations très compliquées, même en s'en tenant à l'expression du temps et de l'espace en fonction de la vitesse instantanée v conservée comme variable auxiliaire. Je reproduis ces formules pour corriger une faute de signe dans l'expression de t :

$$(13)\qquad x = 47,2\,P^{\frac{1}{3}} \log \frac{V_1^3 - V_0^3}{V_1^3 - v^3},$$

$$(18)\qquad t = \frac{P^{\frac{1}{3}}}{0,0489\,V_1}\left[\log\text{nép.}\frac{(V_1 - V_0)\sqrt{V_1^2 + V_1 v + v^2}}{(V_1 - v)\sqrt{V_1^2 + V_1 V_0 + V_0^2}} - \sqrt{3}\,\text{arc tang}\frac{V_1 + 2v}{V_1\sqrt{3}} + \sqrt{3}\,\text{arc tang}\frac{V_1 + 2V_0}{V_1\sqrt{3}}\right].$$

M. Henri Bertin, capitaine d'artillerie, a eu le courage et la constance d'appliquer ces formules aux quatre combinaisons des vitesses suivantes :

V_0..............	6^n	14^n	10^n	0^n
V_1..............	14^n	6^n	14^n	10^n

La comparaison entre les chiffres obtenus et les résultats d'expériences les plus voisins est défavorable à l'hypothèse $\Pi v = \Pi_1 V_1$. Ce résultat négatif était intéressant à connaître, les nomogrammes de M. d'Ocagne se trouvant ainsi à correspondre à la supposition la mieux confirmée par les faits. Ils pourront, plus commodément et aussi sûrement qu'aucun calcul, fournir, même sans nouvelles expériences, toutes les données nécessaires aux manœuvres de tactique comportant un changement de vitesse.

Relativement à celui des mouvements variés du navire qui échappe aux deux hypothèses approximatives essayées au sujet de la poussée, celui où la poussée est nulle, le moteur étant stoppé, je viens de recevoir de M. le contre-amiral Gaschard des résultats tout à fait probants sur l'exactitude de la formule algébrique. L'expérience de stoppage a été faite sur la

Justice à la vitesse de 12 nœuds. Les résultats entre les deux vitesses de 12 et de 5 nœuds, sont les suivants :

Temps depuis le stoppage.	Espace parcouru, calculé.	mesuré.
1 minute	328[m]	330[m]
2 minutes	605	600
3 minutes	832	825
4 minutes	1033	1030
5 minutes	1211	1200

Si la concordance montre l'exactitude des formules, sa continuité prouve aussi l'extraordinaire précision des mesures expérimentales. On ne pouvait pas s'attendre à moins, sachant que les expériences étaient dirigées par un manœuvrier comme le contre-amiral Gaschard et que la *Justice* est commandée par le capitaine de vaisseau Schwerer, fils d'un contre-amiral qui fut l'un des meilleurs marins de son temps.

PHYSIQUE. — *Sur la durée de la phosphorescence des sels d'uranyle.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. H. Poincaré.

On sait que la durée de l'émission de lumière par phosphorescence est d'autant plus grande que la température est plus basse [1]. M. Lenard [2] a montré qu'on peut envisager, pour chaque bande de phosphorescence, trois états ou phases : la phase chaude, dans laquelle l'émission se produit au fur et à mesure de l'excitation (fluorescence); la phase permanente, où l'émission se prolonge après l'excitation; la phase froide, qui correspond à un emmagasinement de l'énergie lumineuse, sans émission. Ces trois phases se fondent graduellement l'une dans l'autre.

Dans un travail précédent [3], on a vu que certains sels d'uranyle présentent une propriété remarquable : même à la température, extrêmement

(1) Edmond Becquerel, *La Lumière*, t. I, p. 390.

(2) Lenard et Klatt, *Ann. de Phys.*, t. XV, 1904, p. 225, 425, 633; Lenard et Sem Saeland, *Ann. de Phys.*, t. XXVIII, 1909, p. 476; Lenard, Kamerlingh Onnes et Pauli, *Comm. Leiden*, n° 111; Lenard, *Heidelberg. Akad. Wissensch.*, 11 déc. 1909.

(3) Henri et Jean Becquerel et H. Kamerlingh-Onnes, *Akad. Amsterdam*, 23 avril 1909. *Comm. Leiden*, n° 110; *Comptes rendus*, t. 150, p. 647; *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. XX, p. 145.

basse, de solidification de l'hydrogène (— 259° ou 14° absolus), ils ne manifestent guère que la phase chaude. Non seulement ils ne donnent pas de thermoluminescence pendant le réchauffement, et par conséquent n'emmagasinent à basse température aucune énergie d'une façon durable, mais encore ils cessent de paraître lumineux dès qu'on supprime la lumière excitatrice.

Il était donc très important de rechercher si la durée de phosphorescence est, pour ces substances, indépendante de la température. J'ai examiné quelques sels d'uranyle dans le phosphoroscope (Edmond Becquerel) (¹): entre les deux disques de l'appareil, deux tubes identiques, contenant chacun un échantillon du même corps, sont placés à côté l'un de l'autre. Un seul de ces tubes (tubes vacuum) est rempli d'azote liquide. On peut ainsi comparer directement les émissions à — 193° et à la température ordinaire.

La phosphorescence du verre, variable avec la température, gêne un peu les observations, mais on parvient à bien la distinguer de la lumière émise par le corps étudié.

Un certain nombre de sels d'uranyle, principalement les sels à acides organiques, simples ou doubles, *acétates*, *tartrates*, *oxalates* ... suivent nettement la règle habituelle : ils ont à basse température une phosphorescence notablement plus longue qu'à la température ordinaire; à — 193°, quelques-uns restent même lumineux quelques secondes quand on sort le tube du phosphoroscope.

D'autres sels encore, tels que le *chlorure d'uranyle*, l'*autunite*, sont à la température de l'azote liquide un peu plus persistants qu'à la température du laboratoire.

Mais d'autre part, les *sulfates* (simples et doubles) et le *nitrate d'uranyle ne manifestent aucun changement dans la durée de l'émission*. Dans le phosphoroscope l'apparition de lumière se fait au même instant pour l'échantillon refroidi par l'azote liquide et pour celui qui est resté à la température ordinaire (ou même qui a été porté à une température plus élevée).

Les sulfates sont peut-être un peu plus lumineux à basse température. Quant au nitrate d'uranyle, il présente, sous tous rapports, une fixité remarquable : si on le chauffe, il fond dans son eau de cristallisation, mais depuis la température à laquelle la cristallisation se produit jusqu'à la tem-

(¹) Edmond Becquerel, *Ann. de Ch. et de Phys.*, t. LV, 1859, p. 5.

pérature de — 190° il ne paraît y avoir aucun changement, ni dans la durée, ni dans l'intensité de la lumière émise.

On se rend compte de ce fait en produisant des oscillations dans la vitesse de rotation du phosphoroscope : les deux échantillons de sulfate d'uranyle, l'un à 20°, l'autre à — 193°, subissent ensemble des variations de luminosité identiques.

Diverses propriétés des sels d'uranyle nous ont fait penser que le mécanisme de la phosphorescence pouvait, pour ces corps, être localisé dans le radical uranyle ([1]). Malgré la variabilité manifestée par certains sels, la constance de la durée de la phosphorescence dans d'autres composés est tout à fait d'accord avec cette hypothèse. Il resterait à savoir si cette fixité du phénomène persiste jusqu'aux plus basses températures réalisables. Il y aura lieu d'entreprendre un examen plus approfondi de ces questions, en étudiant à diverses températures, d'une part la loi d'excitation, d'autre part la loi d'extinction de la phosphorescence.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les relais et servomoteurs électriques*. Note de M. **Henri Abraham**, présentée par M. P. Villard.

Un bon relais serait celui qui commencerait à fonctionner pour une action initiale aussi faible qu'on voudrait, dans lequel il n'y aurait aucun frottement, qui proportionnerait la puissance transmise à celle qu'il recevrait; mais où l'organe récepteur dans lequel une grande puissance serait mise en jeu n'exercerait aucune réaction contre l'organe récepteur où la puissance disponible pourrait être très faible. Les relais actuellement en usage ne satisfont pas en général à toutes ces conditions.

Nous allons voir qu'il est possible de répondre en principe d'une manière complète à ce programme au moyen de relais empruntant leur énergie à une distribution de courants alternatifs.

Ces relais ont deux organes mobiles, *le transmetteur* et *le récepteur*. C'est le transmetteur qu'on manœuvre et son déplacement, qui n'exige qu'une infime dépense d'énergie, entraîne un déplacement proportionnel du récepteur. Ce récepteur a une grande force directrice propre et une période d'oscillation assez courte qui lui permet d'obéir rapidement. Les mouve-

([1]) Henri et Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *loc. cit.*

ments du récepteur n'ont, par contre, aucune réaction sur le transmetteur : le transmetteur commande violemment le récepteur, mais il n'est absolument pas commandé par lui.

Le problème à résoudre, un peu paradoxal, comporte en réalité une multitude de solutions. J'en décrirai seulement une qui est assez simple.

Le transmetteur et le récepteur sont formés chacun par un cadre galvanométrique qui peut tourner librement, sans aucun ressort de rappel, dans un champ magnétique alternatif. Les deux cadres sont reliés métalliquement borne à borne, avec interposition d'une self-induction. Le cadre transmetteur est shunté à la fois par une résistance et par une capacité montées en parallèle. Cette dernière capacité est réglée de manière que le circuit bifurqué extérieur au cadre transmetteur soit équivalent à une résistance sans capacité ni self.

On établit enfin une différence de phase entre les champs magnétiques du récepteur et du transmetteur. Le champ du transmetteur est mis en retard d'une quantité juste égale au retard que présenterait un courant traversant le cadre transmetteur par rapport à une force électromotrice qui lui donnerait naissance et qui aurait été créée dans le cadre récepteur.

Voici maintenant comment fonctionne l'appareil :

Le cadre transmetteur se trouvant d'abord dans la position où il n'est traversé par aucun flux, faisons-le tourner d'un angle donné à partir de cette position initiale. Il s'y développe des courants induits; mais leur phase est telle que le champ magnétique qui les produit ne réagit pas sur eux. Le cadre transmetteur est donc resté entièrement libre, bien que sa position actuelle lui permette de puiser dans l'électro-aimant, comme dans un transformateur, un débit d'énergie qui peut être considérable.

Une partie du courant du transmetteur est dérivée dans le circuit du récepteur, avec un retard de phase dû à la self-induction, retard qui s'ajoute à celui qu'on a établi entre les phases des deux champs magnétiques. En raison de ce double retard, le courant n'est pas en quadrature avec le champ, et le cadre récepteur commence à tourner : c'est bien le résultat qu'il fallait obtenir.

Par contre, le mouvement du récepteur ne réagit pas sur le transmetteur, parce que maintenant les deux retards égaux se retranchent et que les courants arrivant dans le transmetteur sont en quadrature avec le champ magnétique. Le transmetteur continue donc à rester entièrement libre, bien qu'il ait forcé violemment le récepteur à se déplacer.

Les courants qui sont induits par les déplacements du cadre récepteur ont cependant un effet utile. En raison de leur retard de phase, ils tendent à ramener le cadre récepteur vers une position d'équilibre, celle où il coupe un flux nul : ils agissent exactement comme le ferait un ressort élastique. C'est leur action qui limite la rotation

du cadre récepteur et lui donne, à notre gré, par le réglage de la self, tel degré de stabilité que nous désirons [1].

Remarquons encore que, les équations étant linéaires, les déplacements du récepteur sont proportionnels à ceux du transmetteur et que le rapport d'amplification est indépendant du voltage du réseau. Il est indépendant aussi dans une très large mesure des variations de la fréquence.

Les relais du genre de celui qui vient d'être indiqué paraissent pouvoir rendre quelques services. Je me contenterai de signaler leur application possible pour commander électriquement un robuste enregistreur à plume au moyen d'un appareil délicat quelconque dont on n'aurait pu inscrire directement les déplacements que par un procédé photographique.

Ces prévisions théoriques ont été contrôlées par l'expérience. Les essais ont été faits dans les ateliers de M. Carpentier, à qui je tiens à exprimer tous mes remercîments pour son aimable collaboration et pour les précieux concours dont j'ai pu disposer chez lui à cette occasion.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des longueurs d'ondes hertziennes.* Note de M. **Ferrié**, présentée par M. P. Villard.

Pour mesurer les longueurs d'ondes hertziennes employées en T. S. F., nous avons indiqué tout d'abord (*Comptes rendus*, 25 mai 1903) un procédé applicable aux courtes longueurs d'onde et consistant à mettre en dérivation sur l'antenne un fil horizontal dont on fait varier progressivement la longueur. Un ampèremètre thermique, placé à l'origine du fil, indique alors que le courant passe par une série de maxima successifs qui correspondent à autant de résonances. La longueur de fil qu'il faut ajouter pour passer d'un maximum au suivant est précisément égale à la demi-longueur d'onde cherchée.

Nous avons ensuite créé un type d'*ondemètre*, formé d'un circuit contenant une self à variations fractionnées, un condensateur variable et un ampèremètre thermique. Le mode d'emploi de cet appareil et des instruments

(1) Un cadre galvanométrique entièrement libre, dépourvu de tout ressort élastique et placé dans un champ magnétique alternatif, est donc rappelé vers le zéro par un couple dont on est maître. Cela constitue un appareil susceptible d'assez nombreuses applications. Aussi bien que les appareils à deux cadres, il peut servir d'ohmmètre, de fréquencemètre, etc. Très robuste et d'une grande sensibilité, il a encore la propriété précieuse de donner des indications indépendantes des variations de voltage du réseau qui l'alimente.

similaires est bien connu. La graduation en est faite, soit empiriquement, soit par le calcul.

Pour éviter l'emploi d'un condensateur à variation continue, dont la construction est délicate et la graduation incertaine, nous avons également imaginé un modèle d'appareil dans lequel la capacité est fixe, ou à variation fractionnée, tandis que la self peut varier d'une manière continue par couplage variable avec un anneau de cuivre constituant un circuit secondaire fermé sur lui-même.

Enfin, pour éviter d'avoir à faire une manœuvre quelconque de self ou de capacité variables, nous avons établi un autre type d'*ondemètre*, utilisant le principe des appareils à deux aiguilles (*Comptes rendus*, 10 janvier 1910), et qui donne la longueur d'onde d'un circuit oscillant par l'observation du point de croisement des deux aiguilles par rapport à un abaque tracé sur le cadran.

Quel que soit le modèle d'*ondemètre*, le plus difficile est de le graduer correctement. On opère généralement par comparaison avec un circuit de forme géométrique simple, et contenant un condensateur réglable gradué. Cette méthode ne paraît pas donner une sécurité complète en raison des difficultés de mesure des faibles capacités, et de l'incertitude de la correction à faire pour le cas de courants de haute fréquence.

Le procédé ci-après semble devoir donner une précision plus grande, car il exige seulement le calcul des self-inductions de circuits de forme géométrique régulière et simple, et la mesure de résistances ohmiques, auxquelles il est aisé d'apporter la correction due au *skin-effect*.

Considérons deux cadres rectangulaires, parfaitement symétriques l'un par rapport à l'autre et disposés de telle sorte qu'un certain plan contienne un côté de chacun d'eux. L'un des cadres a de grandes dimensions; de plus, il est constitué par du fil de cuivre de très faible résistance; l'autre cadre a des dimensions aussi réduites que possible et une très grande résistance ohmique. Dans chacun des cadres et sur les côtés situés dans le plan dont il est question plus haut, est intercalé un ampèremètre thermique dont les bornes sont directement fixées aux extrémités du fil dilatable, celui-ci étant exactement placé dans l'alignement du côté du cadre dans lequel il est intercalé, afin de conserver au circuit sa forme géométrique simple. Tous les fils (thermiques et côtés des cadres) ont le même diamètre.

Les deux cadres sont montés en parallèle, les points de jonction étant très voisins l'un de l'autre, près des ampèremètres thermiques. Ces points sont reliés à deux longs conducteurs, câblés ensemble pour éviter qu'il n'agissent

sur les cadres, et réunis d'autre part aux extrémités d'un enroulement de 2 ou 3 spires, placé à une grande distance, et qu'on fait traverser par un flux oscillant.

Chacun des cadres est alors parcouru par un courant dont on peut mesurer exactement l'intensité efficace au moyen des ampèremètres thermiques. Si le flux oscillant n'est pas *entretenu*, il est nécessaire de produire un grand nombre d'étincelles à la seconde pour éviter l'influence des différences de *lancer* et d'amortissement des deux aiguilles.

Soient E la force électromotrice efficace existant entre les points communs aux deux cadres; I_1, I_2 les intensités dans les deux circuits; L_1, L_2 les self-inductions de ceux-ci; R_1, R_2 leurs résistances totales corrigées; ω la pulsation inconnue. Si l'on est en situation de pouvoir appliquer les lois des courants sinusoïdaux, on a

$$E = I_1\sqrt{R_1^2 + L_1^2\omega^2},$$
$$E = I_2\sqrt{R_2^2 + L_2^2\omega^2},$$

d'où

$$\omega = \frac{R_2^2 I_2^2 - R_1^2 I_1^2}{L_1^2 I_1^2 - L_2^2 I_2^2}.$$

Nous avons effectué des mesures avec un dispositif de ce genre dont les cadres avaient les dimensions suivantes :

Premier cadre : côtés de $100^{cm},2$ et $107^{cm},0$; fil de cuivre de $0^{cm},04$.
Deuxième cadre : côtés de $20^{cm},8$ et $93^{cm},0$; fil de maillechort de $0^{cm},04$.

Les résistances mesurées étaient de 0,971 ohm pour le premier cadre et 12,52 ohms pour le second. Les corrections à faire pour tenir compte du *skin-effect* sont négligeables pour les fréquences de 100000 à 200000.

La self calculée pour le premier cadre était de $6,446 \times 10^{-6}$ henry et celle du deuxième de $3,049 \times 10^{-6}$ henry.

Dans un cas particulier, par exemple, où un circuit oscillant était excité par des étincelles courtes et très fréquentes, les aiguilles des ampèremètres étant à peu près au milieu de la graduation, on a trouvé, par plusieurs mesures, pour la longueur d'onde de ce circuit, des valeurs qui étaient comprises entre 1950^m et 1980^m.

Les deux ampèremètres peuvent être remplacés par un appareil unique à deux aiguilles. Le tracé des courbes se fait alors de la manière suivante :

Pour une pulsation donnée ω on détermine les résistances apparentes ρ_1 et ρ_2 des deux cadres pris isolément.

On les soumet ensuite à des forces électromotrices *continues* égales entre elles, et l'on ajoute les résistances nécessaires pour reproduire ρ_1 et ρ_2. Il suffit alors de faire varier la valeur commune de ces forces électromotrices pour que le point de croisement des deux aiguilles décrive la courbe qui correspond à la valeur donnée de ω. On procède de même pour les autres pulsations.

Un ondemètre ainsi constitué peut servir d'étalon secondaire pour la graduation d'ondemètres de tous systèmes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les mélanges d'acide acétique avec les liquides normaux.* Note de M. L. GAY, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré théoriquement que la variation de volume produite par le mélange d'une quantité déterminée d'un même liquide associé avec un nombre constant de molécules des divers corps normaux est la même, s'il n'y a pas réaction chimique entre les constituants du mélange.

Les mélanges d'acide acétique avec le toluène, le bromure d'éthylène, le bromure de propylène normal, vérifient particulièrement bien cette proposition.

Voici quelques-uns des résultats obtenus; tout y est rapporté aux poids des molécules gazeuses non polymérisées.

Acide acétique-toluène.

Fraction moléculaire de $C^2H^4O^2$.	Dilatation rapportée à 1 mol : g total.
	cm³
0,28879	0,509
0,49541	0,693
0,58264	0,713
0,67269	0,692
0,82039	0,511

Acide acétique-bromure d'éthylène.

0,36230	0,63208	0,83451
$0^{cm^3},588$	$0^{cm^3},686$	$0^{cm^3},476$

Acide acétique-bromure de propylène.

0,47396	0,70310
$0^{cm^3},662$	$0^{cm^3},662$

L'examen des courbes obtenues graphiquement montre qu'au voisinage du maximum de dilatation les résultats concordent à 4 pour 100 près.

L'acide acétique et le xylène (mélange des 3 isomères) donnent une courbe très voisine de la courbe due au toluène jusqu'à la teneur en acide acétique 0,44; ensuite, les deux courbes s'éloignent; la différence (en faveur du xylène) est toujours inférieure à $0^{cm},04$.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 754.

L'acide acétique et le bromure d'éthyle donnent, pour la teneur 0,61 en en acide acétique, la même déviation que le toluène (0^{cm^3},71); la différence est en faveur du bromure d'éthyle pour les teneurs inférieures, du toluène pour les teneurs supérieures: elle n'atteint jamais 0^{cm^3},05.

Ces écarts me paraissent dus à une faible polymérisation du xylène et à une légère action chimique entre $C^2H^4O^2$ et C^2H^5Br.

En tenant compte des actions chimiques secondaires, toujours possibles, ma proposition me paraît donc suffisamment vérifiée par les cinq mélanges précédents. J'ai d'ailleurs, dans une première approximation, négligé l'action physique de la pression intérieure (1).

Ainsi, contrairement à l'assertion de Van Laar (2) (pour H^2O et C^2H^5OH), l'expérience montre, tout au moins dans le cas de l'acide acétique, que la dépolymérisation est accompagnée non d'une contraction, mais d'une dilatation.

Les mélanges benzéniques s'éloignent nettement des précédents. Les dilatations y sont toujours trop fortes. Dans l'état actuel je ne puis donner aucune explication de ce fait.

Les mélanges d'acide acétique avec C^6H^5Cl, C^6H^5Br, $C^2H^4Cl^2$, $NO^3C^2H^5$ donnent des dilatations nettement inférieures à celles des mélanges précédents.

Les mélanges avec l'éther donnent même une forte contraction.

Ces corps paraissent donc réagir chimiquement, d'une façon appréciable, sur l'acide acétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé pratique de préparation des membranes semi-perméables, applicable à la mesure des poids moléculaires.* Note de M. **Eugène Fouard**, présentée par M. E. Roux.

L'étude expérimentale du mécanisme de l'osmose nécessite actuellement une réalisation pratique des membranes semi-perméables. Si la méthode de Pfeffer reste d'une exécution fort difficile, le procédé suivant, que j'ai établi avec la collaboration de M. de Tonnay-Charente, conduit au résultat sans aucune cause d'insuccès.

---

(1) Tamman, *Ueber die Beziehung zwischen den inneren Kräften und Eigenschaften der Losüngen*, 1907, et Biron, *J. Soc. ph.-ch. russe*, t. XLI, 1909, p. 569, et t. XLII, 1910, p. 188.

(2) Van Laar, *Zeit. f. ph. Ch.*, t. XXXI, 1899, p. 1.

J'ai pris comme support filtrant la membrane tubulaire en collodion, préparée selon la technique de MM. E. Roux et Salimbeni, dont ils ont signalé la propriété d'arrêter, d'une façon absolue, tous les microbes d'un liquide donné; cette membrane retient aussi les granules ultramicroscopiques d'un colloïde, mais elle se laisse traverser par toute solution parfaite, comme une dissolution de saccharose.

J'ai constaté que cette propriété filtrante pouvait être modifiée complètement par le séjour, dans une solution de gélatine, du tube de collodion, contenant une solution tannique.

Si, en effet, après ce traitement, on le plonge, rempli d'un liquide sucré, dans l'eau pure, il ne laisse passer qu'une proportion infime de sucre, après plusieurs semaines de contact; la *semi-perméabilité* est d'autant plus parfaite que la précipitation gélatino-tannique a été de plus longue durée. La membrane est devenue, en fait, imperméable aux molécules dissoutes, en restant perméable à l'eau pure; elle a acquis une propriété fondamentale des enveloppes cellulaires; remplie d'eau distillée, elle se *fane*, comme un végétal, si on l'immerge dans une solution saline concentrée; elle se gonfle et se brise, selon le phénomène de *plasmolyse*, lorsque, pleine d'une solution sucrée et bouchée hermétiquement, on la met au contact d'eau pure.

Une telle cellule peut se prêter aisément à l'étude de l'osmose; je l'ai utilisée pour la mesure des poids moléculaires des corps solubles dans l'eau, selon la loi des solutions de Van't Hoff. On sait l'intérêt que présenterait, en Chimie générale, la réalisation de cette méthode; son incomparable sensibilité se révèle par le fait qu'une solution millinormale d'un corps pur donné, dont l'abaissement cryoscopique n'est plus mesurable, possède encore une pression osmotique équilibrée par une colonne d'eau de 23^{cm}.

Une difficulté, cependant, subsiste dans l'application directe de ces membranes fragiles, qui se distendent et se rompent sous une faible pression; pour supprimer cet obstacle, j'ai adopté une armature cylindrique, en toile métallique, terminée par deux douilles en métal, appareil qu'il suffit d'immerger dans le collodion pour constituer une membrane armée, résistant, sans changement de volume appréciable, à une pression de 2^{atm}; par la formation interne, déjà décrite, du coagulum de ferrocyanure cuivrique, ou de gélatine-tannin, on obtient une cellule osmotique à volume constant, qu'on peut fermer par un bouchon, traversé par un tube capillaire; les variations de niveau du liquide à étudier, à l'intérieur de ce tube, indiqueront un changement de volume ou de pression qui peut conduire à la détermination des poids moléculaires de deux façons différentes :

D'abord, on peut facilement vérifier *l'isotonie* de deux solutions, l'une intérieure, l'autre extérieure à la cellule, avec une très grande précision, incomparablement supérieure à celle de la méthode de Vries; le tube capillaire émergeant étant disposé horizontalement, on peut parfaitement apprécier, par le déplacement du ménisque liquide, un changement de volume de la solution de $\frac{1}{10000}$ de centimètre cube.

Si le liquide extérieur est une solution de saccharose pur, de concentration connue, on pourra, par des additions mesurées d'eau distillée, diluer cette solution, trop concentrée, jusqu'à ce que le ménisque reste immobile, à température constante; les deux solutions sont alors isotoniques, et connaissant la concentration en grammes de la substance du liquide interne, on en déduira son poids moléculaire.

D'autre part, j'ai effectué la même mesure en évaluant directement la pression osmotique, c'est-à-dire la hauteur du ménisque, diminuée d'une correction capillaire, dans le tube vertical, au-dessus du niveau d'eau extérieur, lorsque l'équilibre est atteint, après une ascension continue; les expériences ont été poursuivies avec des solutions exactement titrées de saccharose, lactose, mannite, glucose, à des concentrations généralement voisines de la millinormale, inférieures par conséquent à celles du travail classique de Pfeffer.

Il était préférable, dans ce cas où les poids moléculaires sont connus, de vérifier l'obtention de la constante de Van't Hoff.

Contrairement à mon attente, celle-ci fut toujours inférieure, d'environ $\frac{1}{5}$ de sa valeur, au nombre théorique de Van't Hoff : ainsi une solution de saccharose à $0^g,2305$ pour 100 devrait donner théoriquement, à 18°, une hauteur d'eau de $1^m,64$; expérimentalement, j'ai obtenu $1^m,36$; la dénivellation, évaluée en colonne de mercure, équivaut à 2^{cm}.

Quelles sont les causes possibles de ce fait. Y a-t-il imperfection de la membrane? Celle-ci n'abandonne au liquide extérieur, après 3 semaines, que $\frac{1}{100}$ du sucre intérieur; on sait d'ailleurs actuellement que la semi-perméabilité ne peut être absolue, car elle dépend de la structure incessamment variable d'un précipité colloïdal. Y a-t-il eu, d'autre part, une absorption de matière dissoute par la membrane? J'ai vérifié qu'il n'en était rien, pour les substances étudiées.

Au reste, si la méthode peut être ainsi, dès maintenant, appliquée avec une correction finale, on trouve dans les nombres de Pfeffer de semblables dénivellations : se rattacheraient-elles à une cause générale, dont l'importance relative augmenterait avec la dilution de la matière dissoute?

PHYSICO-CHIMIE. — *La nitrification par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

La combinaison de l'azote avec l'oxygène a été depuis quelques années l'objet de nombreux travaux, portant soit sur la synthèse des gaz libres à haute température, soit sur la nitrification naturelle des composés organiques azotés ou ammoniacaux: cette dernière est due à des microorganismes, comme on le sait depuis les travaux classiques de MM. Schlœsing et Müntz; elle se fait en deux stades: un premier ferment amenant l'azote ammoniacal au stade nitreux, et un second ferment peroxydant l'azote nitreux jusqu'au stade nitrique.

Nous avons signalé précédemment (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1517) et vérifié à nouveau, que les rayons ultraviolets ne réalisent pas la combinaison directe de l'azote et de l'oxygène à dose appréciable, même en présence d'eau ou de solutions alcalines.

Par contre, nous avons trouvé que les facultés oxydantes des rayons ultraviolets dont nous avons indiqué tant et de si frappants exemples (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1327) leur permettent de *réaliser la nitrification à la température ordinaire*, *mais jusqu'au stade nitreux seulement*.

C'est là un nouveau cas à joindre à ceux décrits précédemment (synthèse chlorophyllienne, photolyse des solutions ou corps fermentescibles, etc.) où ces rayons produisent des actions analogues à celles des ferments ou des êtres vivants.

Au point de vue pratique, ce procédé paraît susceptible de concurrencer dans l'avenir les procédés industriels d'oxydation de l'azote à haute température, employés aujourd'hui, dont le rendement maximum est limité, par la théorie, à quelques centièmes.

Nous avons employé des corps rigoureusement purs et exempts de composés nitrés, ce dont nous nous assurions en faisant parallèlement les réactions de la nitrification sur les solutions témoins et sur les solutions exposées aux rayons; les durées d'exposition étaient de 3 à 9 heures à des distances de 3^{cm} à 6^{cm} de la lampe 110 volts; la température des solutions ne dépassait pas 35° à 50°.

Nitrification de la solution aqueuse d'ammoniaque. — 1° *Par l'oxygène pur :*

50$^{cm^3}$ d'une solution aqueuse à 4 pour 100 d'ammoniaque sont mis en présence de 15$^{cm^3}$ d'oxygène. Après exposition, la solution décolore le permanganate de potasse en solution acide; dégage du gaz bioxyde d'azote en présence d'une solution de sulfate ferreux, qui se colore fortement en brun; colore le réactif de Griess. Ces réactions indiquent des nitrites, mais on ignore s'il y a ou non des nitrates. Pour le voir, une partie du liquide du ballon est traitée par le sulfate ferreux à chaud; les nitrites sont décomposés avec dégagement gazeux; après 1 heure de repos, la solution est examinée avec le sulfate de diphénylamine qui n'a pas d'action; donc, absence de nitrates.

L'oxydation s'est arrêtée au stade nitreux.

2° *Par l'oxygène de l'air.* — De même, on a constaté la formation de nitrites, mais on n'a pu déceler de nitrates. Un titrage au permanganate indique 6^{mg} d'acide nitreux par litre.

Nitrification des solutions aqueuses de sels ammoniacaux en présence de l'air. — Nous avons étudié les sels d'un acide faible (*bicarbonate d'ammoniaque*) où l'ammoniaque faiblement combinée est partiellement libérée par hydrolyse en solution aqueuse, puis de deux acides forts (*sulfate d'ammoniaque, chlorhydrate d'ammoniaque*) stables en dissolution. Il y a eu formation de nitrites dans les trois cas, bien que plus lentement dans les deux derniers, comme on en juge par les colorations du réactif de Griess.

Nitrification des corps organiques azotés en présence d'air. — 1° *Solution aqueuse d'urée à 10 pour 100.* — Nous avons indiqué déjà (*Comptes rendus*, t. 151, p. 481) que cette solution était décomposée par la lumière ultraviolette avec formation d'ammoniaque. Nous avons constaté ensuite la formation de nitrite en présence d'air. *La transformation de l'azote organique en azote ammoniacal est donc le premier stade de la nitrification de l'urée aussi bien par les rayons ultra-violets que par les ferments*, ce qui montre combien l'analogie entre ces deux processus est étroite ([1]).

2° *Solutions aqueuses de corps organiques azotés variés.* — Nous avons constaté de même la nitrification de corps azotés divers en solution : méthylamine, éthylamine, éthylène-diamine, guanidine, acétoxime, hydroxylamine, acétamide, acétonitrile, etc.

Rétrogradation des composés nitriques a l'état nitreux. — L'oxydation

([1]) Cette analogie se poursuit dans l'influence du milieu, une acidité, même légère, empêche la nitrification par la lumière, comme par les ferments.

par la lumière s'arrêtant au stade nitreux, il importait de voir *si les composés nitriques seraient rétrogradés au stade nitreux*. C'est en effet ce qui a lieu.

Dans une solution de *nitrate d'ammoniaque* AzO^3AzH^4 exposée aux rayons, il se forme du nitrite AzO^2AzH^4, *en même temps qu'il se dégage de l'oxygène* mêlé d'azote : ce qui prouve que le nitrite ne provient pas uniquement de l'oxydation du groupement ammoniacal AzH^4 (comme dans le cas du sulfate ou du chlorhydrate d'ammoniaque), mais de la désoxydation du groupement nitrique Az^2O^5.

C'est ce que montre encore mieux l'expérience suivante :

Une solution de *nitrate de potasse* se transforme partiellement en *nitrite*. Cette réduction a été signalée par M. Lombard, dans les eaux potables stérilisées par les rayons ultraviolets (*Bull. Soc. chim.*, n° 6, t. VII-VIII, 1910). Nous avons constaté qu'*elle est accompagnée d'un dégagement d'oxygène*. C'est donc bien le groupe Az^2O^5 qui devient Az^2O^3. Cette rétrogradation a même lieu, ce qui est très curieux, quand l'azotate de potasse ou l'azotate d'ammoniaque en solution concentrée sont soumis aux rayons ultraviolets en vase clos, *en présence d'oxygène*.

Réactions de dénitrification. — On sait, par les expériences de MM. Schlœsing, Gayon, Dehérain et Maquenne, Bréal, Müntz, etc., que des phénomènes de réduction, inverses de la nitrification, peuvent se produire dans la nature par des actions bactériologiques et peut-être chimiques.

Nous avons constaté de même qu'une *solution concentrée* (*voisine de la saturation*) *de nitrite d'ammoniaque* était décomposée par les rayons ultraviolets avec *dégagement abondant de gaz azote pur* (1). La réaction est la même qu'avec la chaleur (mode de préparation classique de l'azote pur). *Il y a donc eu dénitrification* (2).

L'oxydation par la lumière des composés ammoniacaux donne donc du nitrite d'ammoniaque, mais l'azote ainsi oxydé n'est que faiblement immobilisé, puisque dès que la solution se concentre, il tend à reprendre l'état libre.

Comme les ferments, les rayons ultraviolets peuvent produire, selon les cas, soit gain, soit perte d'azote combiné.

---

(1) Cette action des rayons ultraviolets est analogue à celle qu'ils exercent sur un mélange des gaz ammoniac et oxygène secs dont ils déterminent la combustion totale avec production d'azote et d'eau (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1328). Là aussi il y a perte d'azote combiné.

(2) Une solution concentrée de *nitrite de potasse* ne donne pas de gaz. Le sel de potasse est donc plus stable que le sel ammoniacal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaison des amines avec les cétones acétyléniques. Préparation d'aminocétones éthyléniques β-substituées.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. A. Haller.

MM. Moureu et Lazennec ont montré, en 1906 (1), que la fonction acétylénique $-C\equiv C-$ possède, lorsqu'elle est voisine de certains groupements électronégatifs, tels que celui de la fonction nitrile $-C\equiv N-$ ou celui de la fonction éther-sel $-COOR$, la propriété de se combiner avec les amines primaires et secondaires. Ces auteurs ont obtenu, dans le premier cas, des nitriles aminoéthyléniques β-substitués et, dans le second, des éthers-sels aminoéthyléniques β-substitués.

Le groupement $-CO-$, moins électronégatif que les précédents, confère-t-il à la liaison acétylénique des propriétés analogues? C'est cette question que, sur les conseils de M. le professeur Moureu, je me suis efforcé de résoudre.

Dans ce but, j'ai d'abord étudié avec soin la préparation des cétones acétyléniques. Le résultat de mes recherches sur ce point particulier a fait l'objet d'une précédente Note (2). En possession d'une méthode de préparation assez avantageuse de ces derniers composés, j'ai pu aborder l'étude de leurs réactions sur les amines.

Si l'on met en contact, molécule à molécule, une cétone acétylénique

$$R-C\equiv C-CO-R'$$

avec une amine primaire ou secondaire, une réaction se déclare, qui se manifeste par l'échauffement et la coloration du mélange. On opère en faisant arriver goutte à goutte l'amine dans la cétone acétylénique, sans l'intermédiaire d'aucun solvant quand cette dernière est liquide; si elle est solide (benzoylphénylacétylène), on la dissout dans une petite quantité d'un solvant approprié : éther anhydre ou éther de pétrole.

La température ne s'élève guère au-dessus de 40°; la coloration et l'aspect du mélange permettent, à première vue, de faire une distinction très nette entre la réaction produite par les amines primaires et celle produite par les amines secondaires.

Avec les amines primaires, on observe, après l'arrivée des premières gouttes dans la cétone, que le mélange se trouble et laisse se séparer des gouttelettes d'eau. La coloration, d'abord brune, s'accentue rapidement et devient le plus souvent complètement noire. Dans la plupart des cas, je n'ai pu, jusqu'ici, retirer aucun composé défini du mélange.

Avec les amines secondaires, on observe simplement une coloration brune, qui est

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 1179 et 1190.

(2) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 75.

d'autant moins marquée qu'on évite plus soigneusement de laisser s'échauffer le mélange en le maintenant dans la glace fondante. Le produit de la réaction est généralement visqueux, plus ou moins coloré en brun; parfois il cristallise spontanément après un temps plus ou moins long.

Les amines que j'ai utilisées sont au nombre de neuf : la propylamine, l'allylamine, la benzylamine, la cyclohexylamine, comme bases primaires; la diéthylamine, la dipropylamine, la pipéridine, la méthylaniline et l'éthylaniline, comme bases secondaires. Je les ai fait réagir sur six cétones acétyléniques différentes, dérivant toutes du phénylacétylène : l'acétylphénylacétylène, le propionylphénylacétylène, le butyrylphénylacétylène, le valérylphénylacétylène, le caproylphénylacétylène et le benzoylphénylacétylène. Cette dernière cétone présente une aptitude réactionnelle beaucoup plus marquée que les cinq autres, particularité due sans doute à la présence de deux groupements C^6H^5 encadrant la fonction cétone de la fonction acétylénique.

J'ai pu obtenir jusqu'ici 12 produits cristallisés. J'ai déterminé l'identité de 9 d'entre eux, dérivant les uns d'amines primaires, les autres d'amines secondaires. Quelle formule convient-il d'attribuer à ces combinaisons? L'analyse montre qu'ils proviennent de la combinaison molécule à molécule de l'amine et de la cétone acétylénique dont ils dérivent. L'action des acides les dédouble en β-dicétones et régénère l'amine; on doit donc les considérer comme des aminocétones éthyléniques β-substituées :

$$R - C(NHR') = CH - COR' \quad \text{et} \quad R - C[N(R''R''')] = CH - CO - R'.$$

Voici, avec leurs formules et leurs points de fusion, les combinaisons cristallisées que j'ai obtenues :

Amines primaires et cétones acétyléniques.

Noms.	Formules.	Points de fusion.
Cyclohexylamine propionylphénylacétylène..	$C^6H^5C(NHC^6H^{11}) = CH - CO - C^2H^5$	100
Cyclohexylamine butyrylphénylacétylène....	$C^6H^5C(NHC^6H^{11}) = CH - CO - C^3H^7$	75
Benzylamine benzoylphénylacétylène........	$C^6H^5C(NH - CH^2C^6H^5) = CH - CO - C^6H^5$	100

Amines secondaires et cétones acétyléniques.

Diéthylamine propionylphénylacétylène......	$C^6H^5C[N(C^2H^5)^2] = CH - CO - C^2H^5$	45
Diéthylamine butyrylphénylacétylène.......	$C^6H^5C[N(C^2H^5)^2] = CH - CO - C^3H^7$	40
Diéthylamine benzoylphénylacétylène.......	$C^6H^5C[N(C^2H^5)^2] = CH - CO - C^6H^5$	63
Dipropylamine acétylphénylacétylène.......	$C^6H^5C[N(C^3H^7)^2] = CH - CO - CH^3$	47
Pipéridine benzoylphénylacétylène..........	$C^6H^5C(N = C^5H^{10}) = CH - CO - C^6H^5$	81
Méthylaniline benzoylphénylacétylène.......	$C^6H^5C[N(CH^3)(C^6H^5)]CH - CO - C^6H^5$	87

En résumé, les amines primaires et secondaires peuvent se combiner aux cétones acétyléniques de la forme $C^6H^5C \equiv C - CO - R$, où R est un radical cyclique ou aliphatique.

Les amines primaires semblent réagir suivant deux processus. La mise en liberté d'eau, nettement constatée lorsqu'on les met en contact avec les cétones $C^6H^5C \equiv C - CO - R$ à radical R aliphatique, laisse supposer qu'il se forme une imine acétylénique de formule

$$C^6H^5C \equiv C - C = (N - R') - R.$$

Je n'ai pu encore isoler aucune de ces combinaisons qui paraissent très instables et noircissent rapidement à l'air. Une deuxième réaction qui correspond à la combinaison pure et simple de l'amine et de la cétone fournit des amines éthyléniques β-substituées; elle se produit en même temps que la première et donne des rendements assez peu élevés.

Les amines secondaires semblent réagir uniquement suivant ce deuxième processus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isospartéine. Un cas de stéréo-isomérie à l'azote.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Amand Valeur**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. 152, p. 386) nous avons montré que l'isospartéine forme avec l'iodure de méthyle deux mono-iodométhylates distincts α et α'.

Nous nous proposons aujourd'hui d'établir la nature de leur isomérie. L'isospartéine $C^{15}H^{26}N^2$ étant une base bitertiaire, l'hypothèse la plus simple consiste à admettre que, dans chacun de ses deux iodométhylates, l'iodure de méthyle est fixé sur un atome d'azote différent. S'il en est ainsi, les bases non saturées formées par décomposition de chacun des deux méthylhydrates correspondants doivent être complètement différentes.

Au contraire, si l'une d'elles résulte à la fois de la décomposition des deux hydrates d'ammoniums quaternaires, l'hypothèse doit être rejetée.

Or le méthylhydrate-α d'isospartéinium se décompose *quantitativement*, comme l'a établi l'un de nous (¹) en eau et en α-méthylspartéine

$$C^{15}H^{26}N^2.CH^3OH = H^2O + C^{15}H^{25}N^2(CH^3).$$

L'α-méthylspartéine est une base solide fusible à 31°, lévogyre

$$([\alpha]_D = -55°,3),$$

(¹) A. Valeur, *Comptes rendus*, t. 147, p. 127.

très facile à séparer et à caractériser, en raison de l'aptitude très marquée que possèdent ses sels à s'isomériser en dérivés de l'isospartéine (*Comptes rendus*, t. 145, p. 1184).

Quant au méthylhydrate-α' d'isospartéinium, chauffé dans le vide au bain-marie bouillant, il donne également de l'α-méthylspartéine, en même temps qu'une base nouvelle, la méthylisospartéine, la première constituant environ la sixième partie du mélange.

On sépare aisément ces deux bases en traitant leur mélange par l'iodure de méthyle en solution méthylique. La méthylisospartéine s'y combine, avec énergie, en donnant un diiodométhylate; l'α-méthylspartéine, au contraire, ne s'unit pas à l'iodure de méthyle, dans les conditions de l'expérience.

Cette méthode présente l'inconvénient de sacrifier la méthylisospartéine.

Le procédé suivant permet, au contraire, d'obtenir les deux bases :

On chauffe le mélange pendant 15 heures, avec un léger excès d'acide sulfurique étendu. Dans ces conditions, le sulfate de méthylisospartéine demeure inaltéré; celui d'α-méthylspartéine est, au contraire, transformé en sulfométhylate d'isospartéine.

L'action des alcalis sur le mélange libère la méthylisospartéine, qu'on enlève à l'éther, en même temps qu'elle transforme le sulfométhylate d'isospartéine en méthylhydrate correspondant. Ce dernier, décomposé par la chaleur, régénère l'α-méthylspartéine dont il dérive.

La *méthylisospartéine* $C^{15}H^{25}N^{2}(CH^{3})$ est une base cristallisée, fusible à 24°; elle est dextrogyre : $[\alpha]_D = +23°,6$. Comme l'α-méthylspartéine, elle est non saturée et méthylée à l'azote; mais ses sels ne peuvent être isomérisés en dérivés d'une base saturée.

Le *picrate de méthylisospartéine* $C^{15}H^{25}N^{2}(CH^{3}).2C^{6}H^{2}(OH)(NO^{3})^{3}$ fond à 203°.

Le *chloroplatinate* $C^{15}H^{25}N^{2}(CH^{3}).2HCl.PtCl^{4}$ noircit vers 240° et fond à 256° en se décomposant.

Le *diiodométhylate* $C^{15}H^{25}N^{2}(CH^{3}).2CH^{3}I$ fond à 281°-282° en se décomposant.

Le mode même de génération de l'iodométhylate-α d'isospartéine, à partir de l'iodhydrate d'α-méthylspartéine, établit sa constitution (*Comptes rendus*, t. 146, p. 80) :

```
            CH                                           CH
          / | \                                        / | \
   CH²  /   |   \ CH²           HI              CH² /    |    \ CH²
       |  CH=CH²  |             →                  |  CH-CH³ |
   CH² |          | CH — C⁸H¹⁴N  AgOH + chaleur CH² |    |    | CH — C⁸H¹⁴N
        \        /              ←                   \   |   /
          \    /                                      \ | /
          N — CH³                                  I — N — CH³
```

α-Méthylspartéine. — Iodométhylate-α d'isospartéine.

L'iodure de méthyle s'y trouve nécessairement fixé sur l'atome d'azote qui, de pipéridique, est devenu pyrrolidique.

Le méthylhydrate-α′ donnant également naissance, par décomposition, à l'α-méthylspartéine, il faut de toute nécessité que l'iodure de méthyle, dans l'iodométhylate correspondant, soit également fixé sur ce même atome d'azote pyrrolidique.

Il est donc démontré, d'une manière particulièrement nette, que ces deux iodométhylates ne diffèrent entre eux que par la disposition dans l'espace, autour d'un même atome d'azote, du reste méthyle et de l'atome d'iode.

Les précautions toutes particulières prises par nous (*Comptes rendus*, t. 152, p. 386) pour obtenir l'iodométhylate-α′ absolument exempt de son stéréo-isomère et, d'autre part, l'abondance relative d'α-méthylspartéine dans les bases dérivées du méthylhydrate-α′ donnent à cette conclusion toute sa valeur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la toxicite comparée des essences végétales sur les végétaux supérieurs.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Malgré la très grande abondance des essences sécrétées par les plantes, le rôle de ces essences est encore inconnu : certains physiologistes (les plus nombreux) les regardant comme des substances d'excrétion, les autres voulant y voir des matières de réserve. Sans vouloir trancher cette question, mais cherchant à y apporter une faible contribution, je me suis proposé de comparer leur toxicité lorsqu'elles agissent à l'état de vapeurs sur un végétal bien déterminé.

En l'espèce, celui-ci consistait en des plantules de Blé, dont la partie aérienne avait 2^{cm} de longueur, et qu'on plaçait sous cloche dans une atmosphère presque saturée ($t^o = 15^o$ à 17^o) de l'essence considérée, tout en permettant suffisamment l'accès de l'air pour assurer les besoins de la respiration et de la fonction chlorophyllienne. Au bout de 10 jours, on arrêtait l'expérience qui, d'ailleurs, n'aurait pas pu être poussée plus loin, les jeunes plantes ayant à ce moment épuisé leur réserve d'albumine, seule matière nutritive laissée (avec de l'eau), à leur disposition.

C'est en opérant de la sorte que j'ai obtenu les résultats ci-dessous :

	Hauteur de la partie aérienne au bout du dixième jour (en centimètres).	État de la partie aérienne.
Témoin	19 à 20	Bien portante.
Essence de niaouli	2	Tuée.

	Hauteur de la partie aérienne au bout du dixième jour (en centimètres).	État de la partie aérienne.
Essence de badiane	1	Tuée.
» d'anis de Russie	2	Id.
» d'anis de France	2 à 2,5	Id.
» de thym	2 à 3	Mourante.
» de serpolet	3 à 4	Id.
» de sassafras	3 à 5	Id.
» de lavande	10 à 11	Id.
» d'absinthe	9 à 11	Id.
» d'aspic	12 à 13	Id.
» de bergamote	7 à 14	Id.
» de néroli bigarade	9 à 10	Id.
» de genièvre	6 à 7	Id.
» de reine des prés	6 à 7	Id.
» de macis	9 à 10	Id.
» de tanaisie	7 à 9	Id.
» de romarin	10 à 11	Id.
» de cédrat	15 à 16	Dépérissante à l'extrémité des feuilles.
» de verveine	17 à 18	Id.
» de cannelle de Ceylan	15 à 17	Id.
» de cajeput	12 à 15	Id.
» de fenouil doux	15 à 16	Id.
» de cannelle de Chine	12 à 13	Id.
» d'ylang-ylang	14 à 15	Id.
» de violette	12 à 13	Id.
» de mandarine	11 à 12	Id.
» de coriandre	11 à 12	Id.
» d'hysope	11 à 12	Id.
» de sauge	11 à 12	Id.
» de camomille	11 à 12	Id.
» d'eucalyptus	14 à 15	Id.
» de rose de Turquie	18 à 19	Id.
» de wintergreen	17 à 18	Id.
» de mélisse	18 à 19	Id.
» de menthe de Paris	18 à 19	Id.
» de menthe américaine	16 à 17	Id.
» de géranium de France	18 à 19	Id.
» d'angélique	15 à 16	Id.
» de carvi	15 à 16	Id.
» d'orange amère	14 à 15	Id.

	Hauteur de la partie aérienne au bout du dixième jour (en centimètres).	État de la partie aérienne.
Essence de citronelle	15 à 16	Assez bien portante.
» de fenouil amer	17 à 18	Id.
» de cumin	18 à 19	Id.
» d'orange calabre	18 à 19	Id.
» d'origan	17 à 18	Id.
» de santal citrin	17 à 18	Id.
» d'iris	12 à 13	Id.
» de girofle	19 à 20	Bien portante.
» de vétiver	19 à 20	Id.
» de patchouly [1]	19 à 20	Id.

D'après ce Tableau, on voit que les essences peuvent, au point de vue de leur toxicité, être classées en cinq catégories :

1° *Les essences qui tuent immédiatement les plantules de Blé :* Niaouli, Badiane, Anis de Russie, Anis de France;

2° *Les essences qui tuent les plantules après leur avoir permis une légère croissance :* Thym, Serpolet, Sassafras, Lavande, Absinthe, Aspic, Bergamote, Néroli bigarade, Genièvre, Reine des Prés, Macis, Tanaisie, Romarin;

3° *Les essences qui ralentissent la croissance des plantules et les altèrent un peu :* Cédrat, Verveine, Cannelle de Ceylan, Cajeput, Fenouil doux, Cannelle de Chine, Ylang-Ylang, Violette, Mandarine, Coriandre, Hysope, Sauge, Camomille, Eucalyptus, Rose de Turquie, Wintergreen, Mélisse, Menthe de Paris, Menthe américaine, Géranium de France, Angélique, Carvi, Orange amère;

4° *Les essences qui ralentissent la croissance des plantules :* Citronelle, Fenouil amer, Cumin, Orange calabre, Origan, Santal citrin, Iris;

5° *Les essences indifférentes :* Girofle, Vétiver, Patchouly.

La *très grande majorité des essences se montrent ainsi nettement nuisibles*, quoique à des degrés très différents, et il me paraît étonnant que les plantes s'en débarrassent en les reléguant dans des canaux, des poches, des cellules, des poils, etc., où, pour la plupart, elles demeurent sans grand changement jusqu'à la mort des végétaux qui les ont fabriquées.

---

(1) Il est à remarquer que cette essence ne se trouve pas toute formée dans la plante vivante.

AGRONOMIE. — *Sur l'emploi des* Saponines *pour la préparation des émulsions insecticides et des liqueurs de traitements insecticides et anticryptogamiques.* Note de M. G. GASTINE, présentée par M. L. Mangin.

On sait qu'il importe, pour la destruction des insectes, par des pulvérisations de liqueurs toxiques, d'obtenir la perfection du mouillage et c'est avec raison qu'à ce sujet MM. Vermorel et Dantony ont signalé que de petites quantités de savons alcalins procuraient un tel résultat (1).

Mais le contact du liquide, c'est-à-dire le mouillage, peut être obtenu aussi avec les Saponines, qui offrent, par rapport aux savons d'alcalis, certaines propriétés précieuses, notamment celles de n'être pas décomposées ni précipitées par les liqueurs offrant une réaction acide et par les solutions métalliques. Ces corps agissent donc dans des conditions où l'emploi des savons solubles n'est pas possible. En outre les Saponines sont inoffensives pour les végétaux.

D'assez nombreuses plantes contiennent des Saponines : écorce de Quillaya, Saponaire, Nielle, etc. M. Le Bœuf, en 1850 (2), a appliqué la solution alcoolique du Quillaya à la préparation d'émulsions stables de nombre de substances médicamenteuses, résines, baumes, etc., préalablement dissoutes dans l'alcool. Mais il existe un produit infiniment plus riche en Saponine, c'est le fruit du *Sapindus utilis*, arbre cultivé depuis longtemps déjà en Algérie. Le péricarpe charnu de ce fruit renferme plus de 50 pour 100 d'une Saponine spéciale, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, et il forme 68,5 pour 100 du poids de la graine entière. J'aurai l'occasion de donner prochainement l'analyse de ce fruit si riche en Saponine.

La Saponine du *Sapindus* permet d'obtenir à la fois des liqueurs insecticides douées d'une grande adhérence et des émulsions, sans emploi d'alcool, très mouillantes, qui possèdent une stabilité parfaite. Je me suis surtout occupé des émulsions d'huiles du goudron de houille ou de pétrole brut, appliquées officiellement en Italie pour combattre une petite cochenille très dangereuse, d'origine japonaise, la *Diaspis pentagona* (Targ. Tozetti), qui attaque les Mûriers et aussi la plupart des arbres fruitiers, plusieurs espèces florales et ornementales et même des arbres (Ormeaux, Acacias).

---

(1) VERMOREL et DANTONY, *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

(2) LE BOEUF, *Comptes rendus*, t. 31, juillet 1850, p. 652.

L'hiver, on applique des émulsions riches renfermant 7 pour 100 d'huiles de goudron de houille ou de pétrole brut, quantités nécessaires pour atteindre les femelles adultes protégées par leurs boucliers difficilement pénétrables. Au moment des éclosions, les jeunes cochenilles nues sont tuées facilement par des émulsions à 2 pour 100 d'huiles, qui n'altèrent pas les organes végétaux. Mais ces émulsions, malgré l'emploi du sel marin (7 pour 100) destiné à augmenter la densité du liquide pour l'amener au voisinage de celle de l'huile lourde, et celui de farine de froment ($\frac{1}{1000}$) pour favoriser l'émulsionnement, manquent de stabilité. Si l'agitation n'est pas énergique et constante, l'huile se sépare rapidement du liquide aqueux. Or ce dernier est sans effet toxique; quant à l'huile, elle détruit les bourgeons. L'instabilité de ces émulsions est ainsi une cause d'insuccès et de malfaçons. Les savons alcalins permettraient d'obtenir des émulsions stables; mais il a été constaté en Italie que leur emploi devait être abandonné, parce qu'ils affaiblissent très rapidement l'énergie toxique des huiles de goudron de houille ou celle du pétrole brut.

En ajoutant aux liqueurs diaspidiques italiennes de la poudre de Quillaya, de Saponaire, ou de la farine de Nielle, etc., c'est-à-dire des substances renfermant de la Saponine, j'ai obtenu, au taux de 150^g à 200^g de ces produits par 10^l d'eau, des émulsions stables très fines. Mais c'est surtout avec la poudre du péricarpe de la graine du *Sapindus* qu'on obtient les meilleurs résultats. Il suffit de 20^g de cette poudre dans 10^l d'eau (soit 2 millièmes) pour émulsionner 700^g d'huile de goudron de houille. L'émulsion est si fine qu'elle passe en grande partie à travers les filtres de papier; au microscope, elle présente l'apparence du lait.

L'emploi du sel marin est inutile. Il est préférable, pour obtenir une émulsion absolument homogène, de réaliser avec l'huile lourde de houille ($D = 1,045$) et une huile moyenne de houille ($D = 0,950$) un mélange égal ou voisin de la densité de l'eau. (Le pétrole peut jouer le même rôle que cette huile moyenne.) Lorsque cette égalité de densité n'est pas obtenue, il se forme une émulsion riche, dont les globules huileux microscopiques descendent peu à peu dans la liqueur, si l'huile est plus lourde que l'eau, ou remontent à la surface, si l'huile est plus légère (cas du pétrole et des huiles végétales). Mais la moindre agitation suffit pour répartir uniformément dans la masse du liquide ces émulsions riches, dont les globules n'ont aucune tendance à fusionner.

La proportion de $\frac{2}{1000}$ de poudre de *Sapindus* est suffisante, car le pouvoir mouillant, qui peut être déduit du nombre des gouttes débitées par la pipette Duclaux, fournissant à 15°C. 100 gouttes d'eau distillée pour 5^{cm^3} de capacité, n'augmente pas beaucoup pour des dosages plus élevés. Ainsi : la solution à 10 pour 1000 de *Sapindus*

donne 156 gouttes, celle à 4 pour 1000 donne 151 gouttes, celle à 2 pour 1000, 148 gouttes et celle à 1 pour 1000, 140 gouttes.

La tension superficielle du liquide peut être calculée d'après ces chiffres. Elle est fortement abaissée par l'addition des huiles de goudron de houille; par celle du pétrole, des huiles végétales, des créosotes, des phénols et homologues supérieurs. La solution à 2 pour 1000 de *Sapindus* qui marque 148 gouttes donne : avec addition d'huiles de houille 184 à 190 gouttes; avec addition d'huiles de houille lourde et de pétrole, mélangées pour densité 1, 202 gouttes; avec 1 pour 100 de créosote de hêtre, qui reste en partie insoluble, émulsionnée, 205 gouttes; avec 1 pour 100 de créosote de houille, qui se dissout, 168 gouttes ; avec 6 pour 1000 d'acide phénique, 163 gouttes; avec 8 pour 100 d'huile de Coton, qui forme une émulsion, 161 gouttes. Au contraire, avec l'oléate de soude, dont la dissolution à 2 pour 1000 marque 220 gouttes, l'addition d'huile de houille augmente, au lieu de l'abaisser, la tension superficielle, car cette émulsion marque 148 gouttes.

Aux émulsions d'huiles de houille on peut adjoindre des sels de cuivre, sans que la tension superficielle du liquide soit augmentée. La liqueur devient ainsi apte à combattre à la fois les Cochenilles nues et les Aphides, ainsi que les champignons de la Fumagine, qui se développent sur les sécrétions répandues par ces insectes.

Émulsion cuprique.

Eau	10^l
Poudre de *Sapindus*	20^g
Acétate neutre de cuivre	100^g
Mélange d'huile lourde de houille et de pétrole de densité 1,0	200^{cm^3}

La propriété de bien mouiller n'est pas seulement nécessaire pour l'application des insecticides devant opérer par contact. Il est hors de doute qu'elle est également précieuse pour les liquides insecticides et anticryptogamiques destinés à imprégner les feuilles, car le mouillage augmente l'adhérence en favorisant, pour les produits solubles, la pénétration des agents actifs, le cuivre par exemple, dans la cuticule des feuilles, et, par capillarité, il provoque, pour les corps insolubles, arséniate de plomb ou de cuivre par exemple, une adhérence plus intime et plus durable.

Il nous a semblé que ces propriétés des Saponines, en permettant l'établissement de formules de liqueurs insecticides et de mixtures anticryptogamiques, plus efficaces que celles jusqu'ici employées, étaient utiles à signaler.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur la glycérine.* Note [1] de MM. **Henri Bierry**, **Victor Henri** et **Albert Ranc**, présentée par M. A. Dastre.

En poursuivant la série de recherches que nous avons entreprise pour étudier l'action des rayons ultraviolets sur les alcools polyatomiques, les sucres réducteurs et les polyoses [2], nous avons été amenés à analyser plus en détail les transformations chimiques subies par la glycérine, le lévulose et d'autres hydrates de carbone sous leur influence.

Technique. — Nous avons expérimenté l'action des rayons ultraviolets émis par deux lampes à mercure en quartz montées parallèlement l'une à l'autre. Nos liquides d'expériences étaient placés dans des ballons en quartz de 200^{cm^3} de capacité, qui étaient reliés à un moteur permettant un mouvement d'agitation à des vitesses variées. Dans d'autres expériences, nous avons utilisé des cuves de porcelaine à grande surface. Enfin, il était possible, dans nos opérations en ballon de quartz, de faire des expériences dans le vide ou en présence d'une quantité limitée d'air, ou enfin de faire barboter dans le liquide de l'air ou un autre gaz. La durée des expositions a varié de quelques heures à 160 heures pour des liqueurs de concentration en glycérine allant de la glycérine pure à la glycérine à 1 pour 100. La température était facilement réglable par un plus ou moins grand éloignement des lampes.

Certaines expériences furent faites en milieu neutre, d'autres en milieu faiblement alcalin.

Après irradiation, les liquides ont été concentrés dans le vide à une température inférieure à 50°. Les résidus de ces opérations furent analysés (osazones, pouvoir réducteur, acidité, ...).

Action sur la glycérine neutre à 25° *en présence d'air.* — Les sirops ainsi obtenus sont incolores, ils réduisent la liqueur de Fehling à la température ordinaire, ils possèdent une réaction nettement acide au tournesol. Mélangés avec l'acétate de phénylhydrazine, ces liquides précipitent à froid une poudre jaune que l'on peut isoler par filtration et laver à l'eau froide. Elle est soluble dans le benzène bouillant d'où elle cristallise en lamelles jaunes fusibles à 142°-143° (point de fusion de G. Bertrand). Les caractères de solubilité de cette osazone, son mode de formation, son point de fusion, nous ont permis de l'identifier à la glycérosazone qui caractérise le *glycérose*. La faiblesse des rendements de ces expériences nous a empêchés de connaître

(1) Présentée dans la séance du 20 février 1911.

(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, séance du 14 mai 1910; *Comptes rendus*, séance du 25 juillet 1910 : Action des rayons ultraviolets sur les hydrates de carbone (saccharose, gentianose, raffinose, stachyose, lévulose, glucosides α et β, etc.

la composition de ce glycérose ; toutefois la réaction de Wohl et Neuberg ([1]) à la phloroglucine étant positive on peut affirmer la présence de l'aldéhyde glycérique.

L'action des rayons ultraviolets produit d'autres corps à côté de cette aldéhyde glycérique. Si, en effet, la solution ayant subi l'action de l'acétate de phénylhydrazine à froid est portée au bain-marie à 100° pendant 1 heure après avoir été séparée de la glycérosazone, il se forme d'autres composés hydraziniques que nous n'avons pas encore déterminés.

Action sur la glycérine alcaline à 25° en présence d'air. — Dans ce cas, au lieu du glycérose, on obtient le β-*acrose*. Voici l'expérience : nos liquides exposés aux rayons ultraviolets, après neutralisation et évaporation, sont traités par l'acétate de phénylhydrazine. Les composés qui prennent naissance se précipitent entièrement pendant un séjour de 48 heures à la température de 50°. On obtient ainsi un précipité jaune foncé, d'aspect résineux, qu'on lave sur filtre à l'alcool à 35° chaud où il est insoluble. L'alcool à 95° froid en dissout la plus grande partie et cette solution précipite par l'eau un corps jaune soluble dans un mélange d'alcool absolu et d'éther acétique. Par une lente évaporation on peut alors isoler des cristaux jaunes. Nous les avons identifiés à des cristaux de β-acrosazone, par l'étude de leurs solvants et par la détermination de leur point de fusion ordinaire qui se trouve à 159° et qui est resté constant après plusieurs purifications successives.

Dans l'ensemble de ces expériences les rendements sont faibles. On peut les améliorer en additionnant les solutions, de sels de fer ou de cobalt et, surtout, de sels d'uranyle, dont l'action photo-catalytique a été mise en relief, en 1908, par C. Neuberg ([2]) et, plus récemment encore, par D. Berthelot et Gaudechon ([3]).

A côté de ces résultats intéressant l'histoire des sucres, nos expériences sur la glycérine nous ont permis de constater la formation d'autres composés sur lesquels nous reviendrons dans un exposé plus complet des réactions multiples produites par les rayons ultraviolets sur les polyalcools.

HISTOLOGIE. — *Mitochondries des cellules globuleuses du cartilage hyalin des Mammifères.* Note de M. **J. Renaut**, présentée par M. Henneguy.

Je me suis attaché à rechercher si, dans les cellules cartilagineuses des Mammifères parvenues au point définitif et culminant de leur développement, il existe ou non des mitochondries. J'ai pris pour objet d'étude l'assise des grandes cellules globuleuses, jointive à la ligne d'ossification

---

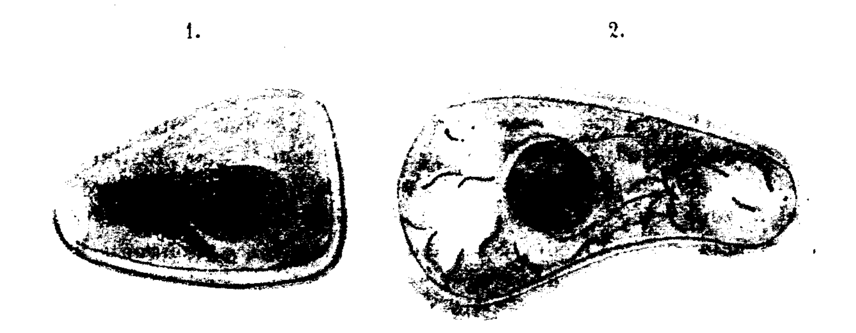
([1]) *Berichte*, t. XXXIII, 1900, p. 3095.
([2]) *Biochemische Zeitschrift*, 1908, p. 305.
([3]) *Comptes rendus*, 30 janvier 1911.

enchondrale dans les os du Mouton en voie de croissance. Ce sont des cellules énormes, criblées de vacuoles inégales donnant à leur cytoplasma une apparence bulleuse, et dont le gros noyau vésiculeux ne renferme plus que quelques grains de chromatine. Elles répondent à la zone de calcification du cartilage et sont d'une délicatesse telle qu'il est impossible de les fixer par aucun des moyens permettant ensuite de colorer les mitochondries par les méthodes de Benda ou de Regaud. Il fallait donc tourner la difficulté et trouver un moyen de mettre le chondriome en évidence sur la cellule encore vivante, observée en milieu isotonique.

Technique. — On pratique à main levée, sur l'une des extrémités encore cartilagineuses d'un os long de fœtus de Mouton, prélevé aussi près que possible du sacrifice de la mère, et donc encore bien vivant, une coupe mince sagittale du cartilage, comprenant la zone sériée, l'assise des cellules globuleuses et la ligne d'érosion et d'ossification enchondrale. La coupe, reçue dans la solution isotonique à 8 pour 1000, est aussitôt portée sur la lame de verre dans une goutte de cette même solution. Et, de suite, à petite distance d'elle sur la lame et dans une grosse goutte du sérum artificiel, on mêle une toute petite goutte d'une solution aqueuse concentrée de violet de méthyle 5 B, de façon à ne pas changer sensiblement la concentration moléculaire du mélange. Puis avec un agitateur on dirige, sur la lame de verre, le sérum coloré vers la coupe immergée en sérum ordinaire; et, par un mouvement de va-et-vient, on mélange les deux. Dès que la coupe devient d'un violet clair, on recouvre d'une lamelle; si elle tarde à virer au violet, on enlève le liquide trop peu coloré, on refait une autre goutte colorée et derechef on l'amène à la coupe. Ainsi de suite. Après quoi, on borde à la paraffine. On parvient ainsi à avoir une préparation où les cellules globuleuses du cartilage, très légèrement teintes en violacé, sont en grande majorité conservées vivantes sans rétraction ni déformation aucune. On peut alors les observer à loisir. Parmi elles, on en voit toujours un certain nombre où un dispositif mitochondrial est mis nettement en évidence par le colorant vital.

Les mitochondries sont teintes intensément en violet foncé. Elles occupent soit la masse de protoplasma non vacuolaire subsistant autour du noyau dans les cellules encore imparfaitement globuleuses (*fig.* 1); soit, dans celles qui le sont devenues, les lames protoplasmiques régnant entre les vacuoles inégales du cytoplasma (*fig.* 2). Comme ces lames renferment, on le sait, des grains de ségrégation qui fixent le violet 5 B et qui pourraient tromper, je ne tiens compte que des grands bâtonnets soit droits, soit infléchis pour filer entre les vacuoles. Autrement dit, c'est par ses chondriocontes que je définis ici le chondriome des cellules cartilagineuses. Et comme chondriocontes, je ne retiens que ceux qui, observés avec un bon

objectif apochromatique et le condensateur mis à pleine ouverture, se terminent net dans le cytoplasma : comme tranchés à leurs extrémités en gardant de bout en bout un calibre sensiblement uniforme. Car ces caractères n'appartiennent, réunis, qu'aux chondriocontes seuls. De fait, par la *méthode de fortune* que je viens d'indiquer, je ne prétends pas étudier tout le détail du dispositif mitochondrial des grandes cellules cartilagineuses vacuolaires,



Zone des cellules globuleuses du cartilage calcifié du col huméral. (Fœtus de Mouton de $0^{m},22$.)

1. Cellule globuleuse incomplètement développée, et à chondriome formé d'un embrouillement de chondriocontes intriqués. — 2. Cellule globuleuse entièrement vacuolaire, avec ses chondriocontes isolés.

mais seulement savoir si elles en renferment un, ou non. L'existence, ici incontestable, des seuls chondriocontes, résout cette question par l'affirmative.

Je tenais à cette solution pour deux raisons. La première, c'est que jusqu'à présent personne n'a constaté l'existence de mitochondries dans aucune cellule cartilagineuse chez les Mammifères. La seconde raison, selon moi plus importante, c'est que la cellule que j'étudie spécialement ici, tenue fixe dans sa capsule qu'elle emplit complètement et ne mitosant plus sinon tout à fait exceptionnellement, n'exécute donc plus de mouvements notables, ni généraux ni intérieurs. Pas davantage, ses chondriocontes n'évolueront en fibrilles ou en fibres. Cette cellule est de fait réduite à son activité sécrétoire, laquelle est intense et intervient largement dans le processus de calcification du cartilage à son pourtour, hors de sa capsule. C'est en face de cette unique activité que se place son chondriome, dont les éléments jouent alors, dans le corps cellulaire, le pur rôle d'*électosomes*, tel que l'entend Regaud, à moins de supposer qu'ils n'en jouent aucun.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Trias au mont Ktypas (Messapion) en Béotie et sur l'importance de la lacune entre le Trias et le Crétacé en Grèce.* Note [1] de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Henri Douvillé.

Le massif des monts Ktypas et Hypatos, en Béotie, est formé d'une calotte de calcaire compact, gris sombre, à *Gyroporelles* et *Megalodon*, comme on peut s'en assurer aux environs du couvent de Sagmata sur le mont Hypatos. A ce calcaire succède un calcaire jaune peu puissant, puis une formation arénacée, présentant une brèche à ciment rouge, caractéristique des niveaux inférieurs du Trias en Grèce; plus bas, tout est masqué par une masse éruptive serpentineuse, qui paraît traverser la montagne de part en part. Ces données s'observent à l'Ouest, le long du sentier qui conduit du couvent au Metochi. A l'Est, contre le canal d'Eubée, entre Chalia et Loukissia apparaît un conglomérat formé de roches diverses, parmi lesquelles figurent des roches éruptives. Ce conglomérat répond à celui que M. Deprat a observé à la base du Trias, au mont Delphi, en Eubée. Le calcaire triasique de Sagmata se retrouve à Moriki et contre le lac Paralimni, où il recouvre un calcaire complètement noir à baguettes de crinoïdes, rappelant le calcaire noir carbonifère du Parnès. Au delà du lac, sur le mont Strutzina, Bittner a observé des calcaires à *Tubiporites* avec jaspes. Il est à présumer qu'il s'agit encore là de calcaires à *Gyroporelles* et de jaspes triasiques, comme il s'en rencontre en Grèce, dans le Trias; au-dessous les roches arénacées qui apparaissent à l'entrée de la baie de Skroponéri nous reportent aux roches arénacées du Parnès, où M. Carl Renz a découvert le Carbonifère.

Si de Moriki on avance vers le lac Copaïs, on tombe, un peu avant Houngra, brusquement sur le calcaire à *Hippurites* de la Béotie, dont le niveau santonien a été déterminé par M. Henri Douvillé, d'après les *Hippurites* de Caprena (*H. Gaudryi*). J'ai découvert moi-même un nouveau gisement d'*Hippurites*, au nord du lac Copaïs, à Mexi, près de l'ancienne Avaé, avec *H. Gaudryi*. Plus au Nord, le niveau santonien a encore été déterminé par M. Henri Douvillé, sur le mont Othrys, où le Crétacé bute brusquement contre le Carbonifère, à Hagios-Joannis, d'après M. Carl Renz. Ainsi donc on retrouve encore ici, entre le Crétacé et le Trias et même le Carbonifère, la lacune observée par ce dernier savant au Parnès.

---

(1) Présentée dans la séance du 20 février 1911.

La même lacune a été observée par moi au mont Geraneia au-dessus de l'isthme de Corinthe; ici encore le calcaire à *Gyroporelles* et à *Megalodon* bute contre le calcaire à Rudistes à l'Est, tandis qu'à l'Ouest il repose sur des jaspes.

Ces conditions de la Grèce orientale se poursuivent à l'Ouest. C'est ainsi qu'au Parnasse, sur un grès portant des lambeaux d'un conglomérat de roches diverses, se dresse le calcaire du sommet dont le niveau triasique supérieur a été démontré par M. Carl Renz, et tout à côté, soit à Caprenai, soit à Delphes, bute le calcaire crétacé. Il est vrai qu'aux monts Vardussa, plus à l'Ouest, apparaît le Kimmeridgien avec *Ellepsactinia*, mais au delà on retrouve encore une formation puissante de grès, recouverte par endroits de crêtes calcaires avec débris de Rudistes (C. Ktenas et Ph. Négris, *Comptes rendus*, 14 mars 1910). Le grès présente des bancs du conglomérat quartzeux que nous avons retrouvé en face sur le Voïdias, dans le grès inférieur, et au mont Ithôme au-dessous du niveau carnique à *Halobia styriaca* et *H. cassiana*.

Nous sommes donc encore en présence de la même lacune entre le Trias et le Crétacé, et cela depuis les monts Vardussa jusqu'au mont Rigani, où interviennent des charriages. Au delà, nous retombons sur les massifs de calcaire crétacé-éocène de Glokova et de Varassova, qui repose encore ici en discordance très nette sur un grès inférieur d'âge indéterminé.

Dans mon dernier Mémoire à l'Académie, j'ai montré que les conditions sont exactement les mêmes en face, dans le Péloponèse, aux monts Voïdias, Barbas et Ptéri : sur un grès ancien repose du Trias démantelé, recouvert par du Crétacé transgressif. Il en est encore de même sur toute l'étendue du calcaire crétacé-éocène du Péloponèse dit de *Tripolitsa*. Ce dernier repose tantôt sur les couches cristallines, mais souvent aussi sur des schistes, grauwackes ou grès, comme au-dessus de Goura au sud-ouest du Ziria, ou encore en Messénie, sur le flanc occidental du Taygète. Aux environs de Leïka, au nord de Kalamac, le grès présente, même aux environs du contact, un conglomérat formé de galets de grès dominants, rappelant beaucoup le conglomérat qui recouvre le grès inférieur au mont Voïdias. Ce serait ce même grès de Leïka qui, au mont Ithôme, est recouvert par le Flysch nummulitique, supportant les plis de la nappe.

Ainsi donc, la lacune entre le Trias et le Crétacé en Grèce serait un fait général : c'est ce qui explique aussi comment la nappe dont le charriage date de l'Éocène, ne présente en général d'autres éléments que le Trias et le Crétacé, et aucun autre élément de la série mésozoïque. Ce n'est qu'aux

limites orientale et occidentale de la Grèce qu'on trouve d'autres représentants de cette série, comme l'ont prouvé les travaux de M. Deprat, en Eubée, et de M. Cayeux, à Nauplie, puis ceux de M. Carl Renz, en Argolide, en Akarnanie, en Epire et dans les îles Ioniennes.

Ainsi donc, à la fin des plissements hercyniens, la Grèce aurait été en grande partie exondée, et ce n'est qu'avec la transgression crétacée qu'elle aurait été de nouveau submergée. Elle fut en partie exondée à la fin du Santonien, à la suite des plissements crétacés, puis émergea complètement à la suite des plissements pyrénéens qui produisirent aussi les charriages, amenant le Trias recouvert de Crétacé, soit sur le Crétacé avec facies Olonos, soit sur le Crétacé-Éocène avec facies calcaire de Tripolitsa, soit sur le Flysch, soit sur le Trias lui-même.

M. **F. Naive** adresse une Note intitulée : *L'aéroplane futur. Sa solution véritable.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 février 1911.

Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe Carnot, Membre de l'Institut; Tome III : *Métaux*, 1re partie. Paris. H. Dunod et E. Pinat, 1910; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

La traction électrique sur voies ferrées : Voie, matériel roulant, traction, par André Blondel et F. Paul-Dubois, avec 1014 figures dans le texte; t. I et II. Paris, Ch. Béranger, 1901; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

Projet de transport d'énergie électrique du Rhône à Paris, avec aménagement du haut Rhône pour la navigation internationale, par A. Blondel, E. Harlé et L. Mähl. Extrait relatif : 1° Aux considérations générales et à l'étude sommaire des diverses solutions; 2° A la navigation. Sceaux, imp. Charaire, s. d.; 1 fasc. in-f°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

Une série de *travaux* imprimés, *relatifs aux bactéries du lait et notamment aux bactéries productrices d'acide et présure*, par M. le Dr C. GORINI, Professeur de Bactériologie à l'École supérieure d'Agriculture de Milan. 8 fasc. in-8°. (Présenté par M. Laveran. Hommage de l'auteur.)

Bulletin de la Commission météorologique du département de la Gironde, année 1909. Bordeaux, G. Gounouilhou, 1910; 1 fasc. in-8°.

Procès-verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, année 1909-1910. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Feret et fils, 1910; 1 fasc. in-8°.

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux; 6e série, t. V, 1er cahier. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Feret et fils, 1910; 1 vol. in-8°.

Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1908 *in Österreich beobachteten Erdbeben;* n° 5, mit 8 Karten. Vienne, 1910; 1 vol. in-8°.

Digest of comments on the pharmacopœia of the United States of America, and the national Formulary, for the calendar year ending december 31, 1907, by MURRAY GALT MOTTER, and MARTIN-J. WILBERT. (*Hygienic Laboratory : Bulletin* n° 63.) Washington, 1910; 1 vol. in-8°.

Anuario del Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, por el año de 1911, formado bajo la dirección del Ingeniero FELIPE VALLE, año XXXI. Mexico, 1910; 1 vol. in-12.

The Institution of Mechanical Engineers : Proceedings, 1910; parts 1-2. Londres; 1 vol. in-8°.

Report of the Commissioner of Education, for the year ended june 30, 1910; t. I. Washington, Government printing Office, 1910; 1 vol. in-8°.

British antarctic Expedition 1907-1909, under the command of Sir E.-H. SCHACKLETON. *Reports on the scientific investigations.* Tome I : *Biology*, editor JAMES MURRAY. Part VI : *Rhizopodes d'eau douce*, par EUGÈNE PENARD, witt two plates. Londres, William Heinemann, 1911; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, année 1909; nouvelle série, t. XXII, avec 9 planches. Moscou, 1910; 1 vol. in-8°.

Transactions of the American mathematical Society; t. 12, n° 1, january 1911. Lancaster, Pa., et New-York, 1911; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 FÉVRIER 1911.

Le calcul mécanique : Appareils arithmétiques et algébriques intégrateurs, par L. JACOB; avec 184 figures dans le texte. Paris. Octave Doin, 1911; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Darboux.)

La Technique aéronautique, revue des sciences appliquées à la locomotion aérienne; directeur : Lieutenant-Colonel G. ESPITALLIER; t. I et II, 1er et 2e semestres 1910. Paris, Librairie aéronautique; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Recherches sur les hybrides artificiels de Cistes obtenus par M. ED. BORNET, Membre de l'Institut. Premier Mémoire : Notes inédites et résultats expérimentaux, publiés par MED. GARD. (Extr. des *Annales des Sciences naturelles : Botanique;* 9e série, t. XII.) Paris, Masson et Cie, 1910; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société de Pathologie exotique; t. III, 1910. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Laveran.)

Assemblée générale des Actionnaires de la Banque de France, du 26 *janvier* 1911, sous la présidence de M. GEORGES PALLAIN, Gouverneur. *Compte rendu au nom du Conseil général de la Banque et Rapport de MM. les Censeurs.* Paris, imp. Paul Dupont, 1911; 1 fasc. in-4°.

Les institutions patronales et mutuelles de la Banque de France : janvier 1911, s. l. n. d.

Quelques simples démonstrations de l'énoncé du dernier théorème de Fermat sur l'équation $x^m + y^m = z^m$, par XAVIER DEFFIS. Agen, 1911; 1 fasc. in-8°.

*Action de l'*Eucalyptus globulus *sur le tartre des chaudières à vapeur*, par J.-B. DAYANT. Maison-Carrée (Algérie), imp. Torrelli, 1911; 1 fasc. in-12.

Détermination internationale des couleurs, par HANS-JACOB MOLLER. Copenhague, A. Rosenberg, 1910; 1 fasc. in-8°.

What becomes of the sunlight and heat absorbed by the earth? At description of the continuous cycle of operations of the energy of the solar system, and of the cause of gravitation, by JAMES-D. ROOTS. Londres, Elson et fils, 1910.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 20 FÉVRIER 1911.

L'Astronomie, évolution des idées et des méthodes, par G. BIGOURDAN, Membre de l'Institut; 50 illustrations. Paris, Ernest Flammarion, 1911; 1 vol. in-12. (Hommage de l'auteur.)

Les Eunuques d'aujourd'hui et ceux de jadis, par DÉMÉTRIUS-A. ZAMBACO PACHA, Correspondant de l'Institut. Paris, Masson et Cie, 1911; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur; transmis par M. Lannelongue.)

Petit manuel de physiologie de la voix à l'usage des chanteurs et des orateurs, par M. MARAGE. Paris, chez l'auteur, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Dastre. Hommage de l'auteur.)

Expedition of the California Academy of Sciences to the Galapagos islands, 1905-1906. II. *A botanical Survey of the Galapagos islands*, by ALBAN STEWART, botanist to the Expedition. (*Proceedings of the California Academy of Sciences:* 4e série, t. I, p. 7-288, janvier 1911.) San-Francisco; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Researches on the stellar systems. Tome II : *The capture theory of cosmical evolution*, by T.-J.-J. SEE, professor of Mathematics, Naval Observatory, Mare Island, California. Lynn, Mass., Thos. Ph. Nichols et fils, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. van Tieghem. Hommage de l'auteur.)

A la mémoire de JUNIUS MASSAU; publication du Comité Massau, 1910. Gand, imp. F. et R. Buyck; 1 fasc. in-8° et une photographie h. t.

Les racines dorsales ou postérieures des nerfs spinaux sont centrifuges, motrices et trophiques. — La structure de la rétine. — Rapport des démonstrations et des expériences faites dans les Instituts scientifiques de Giessen, par NICOLA-ALBERTO BARBIERI. (Extr. de *Verhandlungen der anatomische Gesellschaft*, 24ᵉ Réunion, à Giessen, 21-24 avril 1909.) Iéna, Gustav Fischer, 1909; 1 fasc. in-8°.

La circulation nerveuse neuroplasmatique, Discours prononcé à l'Université libre de Bruxelles, le 10 août 1910, par NICOLA-ALBERTO BARBIERI. Iéna, Gustav Fischer, 1910; 1 fasc. in-8°.

Flore du bas et du moyen Congo. Études de Systématique et de Géographie botaniques, par EM. DE WILDEMAN. (*Annales du Musée du Congo belge : Botanique*, 5ᵉ série, t. III, fasc. II; p. 149-316; planches XXVIII-XLIX.) Bruxelles, Spineux et Cᶦᵉ, 1910; 1 fasc. in-f°.

Annales de la Faculté des Sciences de Marseille; t. XIX. Marseille, P. Ruat; Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-4°.

Bulletin de la Société normande d'Études préhistoriques; t. XVII, année 1909. Louviers, Eug. Isambert, 1910; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société d'Anthropologie de Lyon; t. XXIX, 1910. Lyon, H. Georg; Paris, Masson et Cᶦᵉ, 1911; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen; 5ᵉ série, 45ᵉ année, 1ᵉʳ et 2ᵉ semestre 1909. Rouen, Lecerf et fils, 1910; 1 vol. in-8°.

Almanaque nautico para el año 1912, calculado de orden de la superioridad en el INSTITUTO y OBSERVATORIO DE MARINA de San Fernando para ele meridiano de Greenwich. [Cadix], 1910; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 13 février 1911.)

Note de M. *Gouy*, Sur la structure périodique des rayons magnéto-cathodiques :

Page 355, la figure représente les franges du faisceau magnéto-cathodique (30 janvier 1911), et non les expériences décrites dans le texte.

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 6 MARS 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 150 (1910, 1er semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

En annonçant le décès de M. *Van 't Hoff*, Correspondant de l'Académie dans la Section de Mécanique, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le vif regret de vous annoncer la mort d'un de nos plus illustres Correspondants, le professeur Van 't Hoff.

Berthollet, Henri Sainte-Claire Deville, Pasteur, Berthelot, Van 't Hoff peuvent être cités parmi les principaux fondateurs de la Mécanique chimique.

Au sortir de l'École Polytechnique de Delft, Van 't Hoff venait en 1872 étudier, à Paris, la Chimie pratique au laboratoire de Wurtz. C'est là qu'il conçut, en même temps que son camarade Le Bel, sorti de notre École polytechnique française, le mécanisme de l'isomérie physique des corps organiques fondée sur la structure des molécules dans l'espace en partant de la conception des quatre valences égales du carbone.

Van 't Hoff et Le Bel, chacun de leur côté, établirent que le pouvoir rotatoire moléculaire est dû à la dissymétrie de l'édifice atomique et ils formulèrent cette loi : *Pour qu'une molécule présente le pouvoir rotatoire, il faut et il suffit qu'elle ne possède aucun plan de symétrie.*

Cette théorie, généralisée par les travaux de Le Bel, Wislicenus, von

Bæyer, Pope, Naumann, Knorr, Ladenburg, Hantzsch, etc., n'a jusqu'ici rencontré aucune exception. Elle reste le fondement de la *stéréochimie*.

En montrant toute l'importance de la conception de la *masse active* de Guldberg et Waage, définie comme le produit du nombre, par unité de volume, des molécules du corps réagissant multiplié par le coefficient d'affinité (variable avec la nature des corps et la température) Van 't Hoff a imprimé à la Chimie physique un remarquable essor.

C'est à lui surtout qu'on doit la démonstration définitive de ces notions toutes modernes qu'un corps dissous est entièrement comparable à un gaz; que sa pression osmotique est égale à celle d'une masse gazeuse qui, à nombre de molécules égal, occuperait le volume de la solution; que l'accroissement de cette pression osmotique, sous l'influence d'une élévation de température, suit numériquement la même loi que l'accroissement de pression des gaz dans les mêmes circonstances.

M. Van 't Hoff publiait depuis des années, avec M. Ostwald, le *Zeitschrift für physikalische Chemie*, le recueil le plus connu de cette Chimie physique [1] qu'ils cultivaient l'un et l'autre avec tant de succès.

Je pense que je réponds aux sentiments de l'Académie en exprimant la tristesse que nous ressentons de cette douloureuse perte. (*Assentiments unanimes.*)

HYDROLOGIE. — *Examen d'une eau thermale nouvelle, présenté comme prototype d'une étude physico-chimique moderne d'eau minérale. — Méthodes de dosage de faibles quantités de lithium, manganèse, antimoine, brome, fluor, gaz rares, etc.* Note de MM. **Armand Gautier** et **Charles Moureu**.

La plupart des eaux minérales de l'Europe ne sont connues à cette heure que par des analyses assez sommaires, et qui datent souvent de près d'un demi-siècle. C'est ainsi que le savant Ouvrage : *Les eaux minérales de France*, de MM. Jacquot et Willm, donne l'ensemble des analyses des eaux françaises, refaites par ces auteurs, à la demande de J.-B. Dumas, analyses qui commencées en 1854 ne furent terminées qu'en 1891. Quel qu'ait été le soin avec lequel cette belle suite de recherches et les travaux analogues ont été exécutés, les données ainsi réunies ne répondent plus ni aux besoins

(1) Très heureusement complété aujourd'hui par le *Journal de Chimie physique*, publié par M. Ph. A. Guye.

actuels, ni à la précision que permettent d'atteindre nos méthodes modernes. Non seulement celles-ci se sont perfectionnées, mais les importantes notions de conductivité, d'ionisation, de ferments colloïdaux minéraux ou organiques, de radioactivité, se sont depuis introduites dans la Science. Toutes ces analyses doivent donc aujourd'hui être refaites ou du moins complétées.

A la suite d'un sondage heureux, une source abondante d'eau thermale (1870 litres à la minute en novembre 1910) jaillissait d'une profondeur de 800^m, en mars 1909, au Parc Sainte-Marie, à Nancy. La nappe aqueuse d'où émerge cette eau est située dans les grès vosgiens, placés entre la couche de muschelkalk, d'où sortent les eaux froides de la région des Vosges (Vittel, Contrexéville, Martigny) et les terrains primitifs où prennent naissance les eaux thermales de la même région (Plombières, Luxeuil, Bains, etc.).

Nous inspirant des importants travaux physiques et analytiques accomplis au cours de ces vingt dernières années, nous avons essayé de faire une étude physico-chimique approfondie de cette eau nouvelle. Notre travail a duré 5 mois, et nous ne pensons pas qu'aucune autre eau, potable ou minérale, ait fait jusqu'ici l'objet d'un examen aussi complet que celui dont nous allons parler. De plus, au cours de nos recherches, l'occasion s'est offerte à nous de mettre à l'épreuve une série de méthodes analytiques récentes ou d'en imaginer et étudier de nouvelles. Nous croyons donc être utiles à l'Hydrologie en relatant ici, au moins très sommairement, la marche générale que nous avons suivie, et les principes, sinon le détail, des procédés nouveaux que nous avons mis en œuvre ([1]).

I. *Étude physique.* — Sous cette rubrique ont été étudiés les caractères organoleptiques (couleur, limpidité, odeur, saveur), la température, la densité, le point cryoscopique, la conductibilité électrique, l'ionisation, la radioactivité. Nous ne dirons ici que quelques mots de la conductibilité et de la radioactivité.

([1]) Le détail de nos expériences paraîtra dans un autre Recueil.

Cette eau avait été déjà analysée à Nancy, puis à Paris. (Voir *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, p. 312.) L'étude microbiologique en a été faite, à notre demande, par M. Macé, professeur à la Faculté de Médecine de Nancy, qui l'a trouvée entièrement stérile.

Notre préparateur, M. Clausmann, n'a cessé de nous prêter, pendant la durée de ce travail, le concours le plus actif et le plus dévoué. Nous sommes heureux de lui adresser tous nos remercîments.

A. La *conductibilité électrique spécifique* (*conductivité*) a été étudiée par nous sur place à l'Institut chimique de Nancy. Après avoir mesuré la valeur k, donnée directement par l'eau à la température de 25°, nous ajoutions des volumes croissants d'eau distillée de conductivité connue, et nous observions comment décroissait la conductivité des mélanges successifs suivant la dilution. En tenant ensuite compte de la minéralisation de l'eau et de la conductivité d'une solution de chlorure de sodium de concentration voisine, on pouvait évaluer le degré d'ionisation des sels dans cette eau. Elle a été ainsi reconnue être des $\frac{9}{10}$ environ.

B. En ce qui concerne la *radioactivité*, nous avons examiné séparément et les gaz qui se dégagent spontanément au sommet de la colonne ascendante (gaz spontanés), et l'eau elle-même. Les mesures ont été faites au moyen de l'électroscope de MM. Chéneveau et Laborde ([1]). L'émanation du radium a été exprimée, comme on le fait généralement en France, en milligrammes-minutes dans 10^l de gaz ou d'eau. Nous en avons trouvé, à l'émergence, 0,46 dans les gaz spontanés et 0,082 dans l'eau ([2]).

Le radium à l'état de sel a pu être reconnu et dosé. A cet effet, le résidu de l'évaporation d'une grande quantité d'eau, après fusion au carbonate de soude, a été repris par l'acide chlorhydrique et la liqueur, portée à l'ébullition pour chasser toute l'émanation, a été abandonnée pendant quelques jours en vase clos. On a finalement dosé l'émanation ainsi accumulée, et l'on en a déduit, par le calcul, la quantité de radium qui existait dans la prise d'essai. Nous avons ainsi trouvé une quantité de radium exprimée en bromure, de $0^{mg},012$ par 1000 mètres cubes d'eau.

II. *Étude chimique*. — Rien de bien particulier à dire de ce qui concerne les caractères réactionnels, l'alcalinité, le résidu sec et le résidu sulfaté.

Éléments électropositifs. — Le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer, l'alumine ont été dosés par les procédés classiques.

Pour le *lithium*, voici, en quelques mots, le principe de la méthode adoptée ([3]). On a opéré sur 30^l. Après concentration, on précipite les sulfates par l'acétate de plomb, et les dernières traces par le chlorure de baryum. La chaux, la baryte, la magnésie et les sels ammoniacaux ayant été ensuite éliminés, le mélange sec des chlorures alcalins est repris trois fois par l'acide chlorhydrique concentré et froid, qui dissout tout le chlorure de lithium et très peu des deux autres chlorures; à son tour l'extrait chlorhydrique évaporé est traité par le mélange *alcool amylique-éther absolu* qui ne dissout que le chlorure de lithium. On précipite finalement ce métal à l'état de phosphate et on le pèse.

([1]) Voir *Détermination de la radioactivité des eaux minérales* (*Revue scientifique*, 10 avril 1909).

([2]) Nous nous étions proposé de rechercher l'émanation du thorium par l'étude de l'activité induite. Il nous fut impossible de la compléter, en raison des conditions défectueuses de l'installation électrique dont nous disposions au griffon de la source.

([3]) La méthode ordinaire où les sulfates sont transformés en chlorures par addition de chlorure de baryum entraîne toujours de la lithine. La méthode que nous donnons ici a été mise au point surtout par M. J. Meillère.

Les autres métaux ont été recherchés également sur 30 litres d'eau.

Nous avons d'abord reconnu dans cette eau des traces d'*antimoine* et d'*étain*. De la solution légèrement chlorhydrique des deux chlorures, résultant de l'action de l'eau régale sur les sulfures, obtenus eux-mêmes par l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'eau minérale préalablement concentrée et acidifiée ([1]), on précipite par le fer pur l'antimoine métallique qu'on lave, sèche et transforme en bromure par un peu de brome sec et pur en solution sulfocarbonique; après évaporation du solvant et de l'excès de brome, en vase clos et à l'abri de toute humidité, on pèse ce résidu; on reprend par l'eau chlorhydrique et l'on caractérise l'antimoine par le précipité orangé que donne la liqueur avec l'hydrogène sulfuré.

La liqueur chlorhydrique d'où le fer a précipité l'antimoine nous a donné, par l'hydrogène sulfuré, un léger précipité brun; celui-ci a été converti en acide métastannique, dont la solution potassique, après acidulation, a fait naître par l'hydrogène sulfuré des flocons légers jaunes brunâtres ([2]).

Le *manganèse* a été caractérisé et dosé, dans le précipité de sulfures obtenu par le sulfhydrate d'ammoniaque, au moyen du procédé colorimétrique au bioxyde de plomb et acide azotique, qui permet de distinguer et de doser 2 millièmes de milligramme de manganèse. Nous avons ainsi trouvé dans notre eau environ 8 millièmes de milligramme de manganèse par litre.

Éléments électronégatifs. — Le chlore, les acides sulfurique, sulfhydrique, phosphorique, carbonique, et la silice ont été dosés suivant les procédés usuels.

L'*iode* a été recherché et évalué d'après la méthode très sensible de l'un de nous ([3]).

Le *brome*, dont il existe une proportion très appréciable ($0^g,0115$) dans l'eau de Sainte-Marie et qui avait échappé à d'autres méthodes), a été dosé par un procédé, sinon entièrement nouveau, du moins très perfectionné, dont voici le principe : On déplace, à chaud et en vase clos, ce métalloïde par l'acide chromique en présence d'acide sulfurique, on distille la liqueur, et l'on reçoit le distillat dans une solution d'iodure de potassium; l'iode mis en liberté par le brome, atome par atome, est titré à l'hyposulfite ([4]).

Le *fluor* a été recherché et dosé par une méthode encore inédite ([5]) : Après séparation

---

([1]) On doit laisser plusieurs jours au repos l'eau concentrée et acidifiée au contact de H^2S.

([2]) C'est la première fois, pensons-nous, que l'étain est caractérisé dans une eau minérale. Il avait cependant été signalé, sous forme de dendrites formées surtout de cassitérite, dans une opale geysérienne déposée par l'eau d'Azer Parras, près Cherad, en Malaisie (STANISLAS MEUNIER, *Comptes rendus*, t. **110**, p. 1083). La présence de l'étain, même en minime proportion, dans une eau minérale, nous paraît intéressante au point de vue de l'origine de certains gisements d'étain.

([3]) *Comptes rendus*, t. **128**, 1899, p. 1069.

([4]) On s'est assuré que le distillat de la solution aqueuse chromique, salée ou non, ne déplace pas trace d'iode de l'iodure de potassium. M. Clausmann, notre préparateur, a mis cette méthode tout à fait au point.

([5]) De MM. A. Gautier et Clausmann.

de la silice, de la chaux et de la magnésie, on précipite le fluor en liqueur alcoolique à l'état de fluorure de baryum; on attaque ensuite ce dernier par l'acide sulfurique, et l'on transforme l'acide fluorhydrique libéré en fluorure de plomb que l'on dose. Cette méthode permet de retrouver des fractions de milligramme de fluor par litre.

L'*acide borique* a été caractérisé au moyen du papier de curcuma, après transformation en borate de méthyle et saponification de cet éther.

L'*arsenic* a été déterminé par la méthode de l'un de nous, qui permet de doser jusqu'à 1 millième de milligramme de ce métalloïde (¹).

Azotates, azotites, ammoniaque, matières organiques. — Nous n'avons à cet égard rien de spécial à signaler. En retranchant l'azote ammoniacal de l'azote total (procédé Kjehldahl), on obtient l'azote organique. Nous avons distingué l'azote basique volatil de l'azote organique fixe.

III. *Gaz.* — *a. Gaz spontanés.* — L'analyse sur la cuve à mercure leur assigne la composition suivante, en volumes : 1,75 d'*acide carbonique* et 98,25 d'*azote* brut (mélangé de *gaz rares*), pour 100^{vol} de gaz naturel brut sec et mesuré à 15°.

On sépare l'azote des gaz rares au moyen de calcium au rouge, dans un appareil spécial antérieurement décrit par l'un de nous (²). L'ensemble des gaz rares est ensuite, au moyen du charbon refroidi à la température de l'air liquide, divisé en deux fractions : l'*argon*, le *krypton* et le *xénon*, d'une part, l'*hélium* avec le *néon*, de l'autre. Les cinq gaz sont caractérisés chacun par leurs raies spectrales. On a trouvé par cette méthode que les $98^{vol},25$ du mélange *azote-gaz rares* contiennent $95^{vol},36$ d'azote, $1^{vol},29$ d'argon (avec traces de krypton et de xénon), et $1^{vol},60$ d'hélium (avec traces de néon).

b. Gaz extraits à l'ébullition. — Ces gaz ont été étudiés en suivant la méthode qui vient d'être indiquée pour l'examen des gaz spontanés. On trouve ainsi que, en dehors des gaz ordinaires, chaque litre d'eau minérale contient $0^{cm^3},45$ d'*argon* (avec traces de *krypton* et de *xénon*) et $0^{cm^3},19$ d'*hélium* (avec traces de *néon*).

Voici maintenant, sans hypothèses sur la constitution de l'eau minérale analysée, le Tableau, en grammes par litre d'eau, des ions positifs et négatifs libres ou combinés :

Ions positifs.	g	*Ions négatifs.*	g
Potassium K	0,01712	Chlore Cl	0,57838
Sodium Na	0,37888	Brome Br	0,01152
Lithium Li	0,00048	Iode I	0,000004
Ammonium NH^4	0,00054	Fluor Fl	0,00114
Magnésium Mg	0,01560	Ion sulfurique SO^4	0,11448
Calcium Ca	0,09114	Soufre (de H^2S)	0,00080
Radium Ra	traces (³)	Ion phosphorique	néant

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XXIX, 1903, p. 859.

(²) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 16 octobre 1906.

(³) $1^g,2 \times 10^{-11}$ de bromure $RaBr^2$, par litre d'eau minérale.

Ions positifs.	g	*Ions négatifs.*	g
Aluminium Al.........	0,00017	Ion borique...........	traces
Fer Fe..............	0,00300	Ion sillicique SiO^3.....	0,02026
Manganèse Mn.........	0,000008	Ion carbonique CO^3....	0,09272[1]
Antimoine Sb..........	traces	Ion arsénique AsO^4H. .	0,0000028
Étain Sn...............	traces	Ion azotique NO^3.......	0,00036
		Ion azoteux NO^2.......	néant

	g
Matières organiques exprimées en oxygène consommé...	0,00105
Résidu sec à 180° par litre.	
Trouvé..	1,3498
Calculé en faisant la somme des ions..............	1,3405 [2]

Telle a été la marche générale de notre travail et tels sont, très brièvement indiqués, les procédés analytiques que nous avons suivis, et que nous croyons pouvoir recommander pour l'étude approfondie des eaux minérales anciennes et nouvelles, étude générale que réclame instamment l'état de nos connaissances et nos besoins actuels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'éther chlorocarbonique sur des cétones sodées au moyen de l'amidure de sodium.* Note de MM. **A. Haller** et **Édouard Bauer.**

Il nous a paru intéressant de nous assurer comment se comporte l'éther chlorocarbonique vis-à-vis de quelques cétones sodées au moyen de l'amidure de sodium, aucune recherche de ce genre n'ayant encore été publiée.

L'éther chlorocarbonique pouvant, dans une certaine mesure, être assimilé à un chlorure acide, il convenait en effet de voir si, dans les conditions où l'on opère, les produits qui prennent naissance sont analogues aux éthers acétylacétiques ou benzoylacétiques, c'est-à-dire sont des dérivés en C, ou se rangent parmi les composés O acyliques, suivant la nomenclature adoptée par MM. Claisen et Michael.

Si l'on traite une phénylalcoylcétone sodée par du chlorocarbonate d'éthyle, on peut en effet concevoir la formation des deux dérivés isomères

---

(1) Nous ne faisons figurer ici que les *ions carboniques* qui, dans le résidu séché à 180°, se retrouvent dans les carbonates neutres.

(2) Nous pouvons répondre de la deuxième décimale, et quelquefois de la troisième décimale des nombres ci-dessus; les décimales suivantes résultent le plus souvent du calcul, par soustraction d'autres éléments trouvés, suivant des méthodes suffisamment précises, quoique en minimes quantités.

suivants :

$$C^6H^5.CO.CH^2-R + Cl.CO^2C^2H^5 = HCl + C^6H^5CO-\underset{}{\overset{R}{\overset{|}{C}}}H-CO^2C^2H^5$$

ou

$$C^6H^5-\underset{OCO^2C^2H^5}{\underset{|}{C}}=CH-R.$$

Le premier sera de l'éther monoalcoylbenzoylacétique et constituera l'isomère en C, tandis que le second appartiendra aux dérivés acyliques O. Nos essais ont d'abord porté sur une acétophénone bisubstituée dans le radical aliphatique, l'isopropylphénylcétone, c'est-à-dire sur un composé dans lequel le carbone, situé en α vis-à-vis du groupement cétonique, ne se trouve uni qu'à 1^{at} d'hydrogène.

L'isopropylphénylcétone (1^{mol}), sodée avec la quantité théorique d'amidure au sein du benzène, a été additionnée peu à peu d'éther chlorocarbonique ($1^{mol},2$). La réaction, vive au début, se calme peu à peu et on la termine en chauffant le mélange pendant 2 heures au bain-marie.

Après refroidissement, on verse le tout dans de l'eau, on décante la partie surnageante qu'on agite avec de l'eau acidulée d'acide sulfurique, on sépare de nouveau et l'on chasse par distillation la benzine. Le résidu est fractionné dans le vide. Il passe d'abord de l'isopropylphénylcétone non entrée en réaction, puis, vers 135° (sous 10^{mm}), un produit dont l'analyse répond à la composition du benzoyldiméthylacétate d'éthyle. Le rendement est d'environ 70 pour 100 de la théorie.

Ce produit se prend bientôt en une masse cristalline fondant à 41°-42° et qui ne donne ni oxime, ni semicarbazone.

Traité à 0° par la quantité théorique d'alcoolate de sodium, il ne se décompose pas. Mais si après avoir ajouté 1^{mol} d'eau à la solution, on l'abandonne à elle-même, on constate que la liqueur se trouble, tout en s'échauffant, et qu'elle donne un dépôt cristallin constitué par du carbovinate de sodium, tandis que la solution alcoolique renferme de l'isopropylphénylcétone régénérée. Le produit qui a pris naissance dans notre réaction n'est donc pas du *benzoyldiméthylacétate d'éthyle*, mais son isomère énolique, le *carbonate d'éthyle* et de *phényl-1-méthyle-2-propène-1-ol-1* ou *phényl-1-carbéthoxy-1-diméthyl-2.2-éthylène* formé suivant l'équation

$$C^6H^5.CONa=C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}+ClCO^2C^2H^5 = C^6H^5-\underset{OCO^2C^2H^5}{\underset{|}{C}}=C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}+NaCl.$$

Comme vérification, nous avons préparé, par le procédé classique, le benzoyldiméthylacétate d'éthyle qui n'avait pas encore été signalé dans la littérature, MM. Perkin et Colman [1] n'ayant préparé que le dérivé monométhylé.

On a obtenu cet éther diméthylé en traitant, à deux reprises différentes, du benzoyl acétate d'éthyle par la quantité théorique d'éthylate de soude et d'iodure de méthyle. On lave à l'eau, on dessèche et l'on rectifie.

Le *diméthylbenzoylacétate d'éthyle* est un liquide distillant de 145° à 146° sous 13^{mm} et fournissant avec le sel de Crismer une oxime fondant à 135°-136°. Cette propriété le différencie nettement de son isomère.

Action de l'éther chlorocarbonique sur l'éthylphénylcétone sodée. — Nous avons effectué l'expérience dans les mêmes conditions qu'avec l'isopropylphénylcétone, c'est-à-dire en milieu benzénique. D'ailleurs la réaction est sensiblement la même, qu'on opère au sein de l'éther, du benzène, du toluène ou du xylène.

Le produit brut obtenu a fourni à la distillation dans le vide de 11^{mm} à 12^{mm} d'abord de la cétone non entrée en réaction, puis un liquide passant de 140° à 145° et enfin une fraction bouillant à 182°-185°.

La portion 140°-145° possède la composition du benzoylméthylacétate d'éthyle de MM. Perkin et Colman [1] qui assignent à leur produit le point d'ébullition de 226°-227° sous 225^{mm}.

Mais elle diffère de ce dernier produit en ce que sa solution alcoolique n'est pas colorée en rouge par le perchlorure de fer et par la décomposition qu'elle subit, en phényléthylcétone et carbovinate de sodium, quand on la traite par une solution alcoolique de soude. Enfin elle ne donne ni oxime, ni semicarbazone. Cet éther doit donc être envisagé comme le *carbonate d'éthyle et de phényl-1-propène-1-ol-1 ou phényl-1-carbéthoxy-1-méthyl-2-éthylène*

$$\begin{array}{l} C^6H^5.C = CH.CH^3 \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\, OCO^2C^2H^5 \end{array}$$

Le second produit de la réaction qui passe de 182° à 185° sous 11^{mm} possède la composition du méthylbenzoylmalonate d'éthyle. Il en diffère toutefois en ce qu'il n'est pas coloré par le perchlorure et par son inaptitude à fournir une oxime ou une semicarbazone.

---

(1) W.-H. Perkin jun. et Colman, *Chem. Soc.*, t. XLIX, p. 156.

Traité par une molécule de soude alcoolique, il se décompose intégralement en carbovinate de sodium et benzoylméthylacétate d'éthyle et des traces d'éthylphénylcétone.

Cette réaction prouve que cet éther est en réalité l'éther *carbéthoxylique de l'α-méthyl-β-oxycinnamate d'éthyle*

$$C^6H^5.\underset{\displaystyle O - CO^2C^2H^5}{\underset{|}{C}} = C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{matrix} + NaHO = C^6H^5COH = \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}}CO^2C^2H^5 + CO\begin{matrix}\diagup ONa \\ \diagdown OC^2H^5\end{matrix}$$

Le composé $C^6H^5COH = C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{matrix}$, aussitôt formé, se convertit en sa forme tautomère qui est le benzoylméthylacétate d'éthyle

$$C^6H^5.CO.CH\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{matrix}$$

Action de l'éther chlorocarbonique sur la propylphénylcétone sodée. — La réaction a été faite dans les mêmes conditions qu'avec l'homologue inférieur. A la distillation, on obtient, indépendamment d'une certaine quantité de cétone non entrée en réaction, deux portions principales, l'une passant à 143° sous 10^{mm} et l'autre à 183°-184° sous la même pression.

La fraction bouillant à 143° constitue un liquide mobile dont l'analyse conduit à un corps de la composition de l'éther benzoyléthylacétique. Mais, comme son homologue inférieur, ce produit ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer et ne fournit pas d'oxime.

Traité par de la soude alcoolique, il donne naissance à de la propylphénylcétone.

Cet éther peut donc être considéré comme l'isomère énolique de l'éther benzoyléthylacétique, c'est-à-dire comme du *carbonate d'éthyle et de phényl-1-butène-1-ol-1 ou phényl-1-carbéthoxy-1-éthyl-2-éthylène*

$$C^6H^5.\underset{\displaystyle OCO^2C^2H^5}{\underset{|}{C}} = CH - C^2H^5$$

La portion passant de 183° à 184° sous 10^{mm} se prend par le refroidissement en une masse cristalline fondant vers 35°. Sa composition répond à celle de l'*éthylbenzoylmalonate d'éthyle*, mais pour les mêmes raisons que celles développées à propos de son homologue inférieur, nous devons lui attribuer une forme énolique et le considérer comme du *β-carbéthoxy-α-éthylcinnamate*

d'éthyle $C^6H^5-\underset{\underset{OCO^2C^2H^5}{|}}{C}=C\begin{cases}C^2H^5\\CO^2C^2H^5\end{cases}$. Saponifié en milieu alcoolique par de la soude, il se scinde, en effet, en carbovinate de soude et benzoyléthylacétate d'éthyle identique avec l'éther obtenu jadis par MM. Bæyer et Perkin [1]

$$C^6H^5-\underset{\underset{OCO^2C^2H^5}{|}}{C}=\overset{\overset{C^2H^5}{|}}{C}-CO^2C^2H^5+NaHO=C^6H^5.CO.\overset{\overset{C^2H^5}{|}}{CH}-CO^2C^2H^5+CO\begin{cases}ONa\\OC^2H^5\end{cases}$$

Action de l'éther chlorocarbonique sur l'acétophénone sodée. — Qu'on opère au sein de l'éther ou au sein de la benzine ou du toluène, la réaction s'effectue dans le même sens, quand on fait agir peu à peu le chlorocarbonate d'éthyle sur l'acétophénone sodée au moyen de l'amidure.

En décomposant le produit par de l'eau, on obtient une partie éthérée qui surnage et un liquide d'un brun clair qu'on sépare.

La solution éthérée surnageante est agitée à plusieurs reprises, à une température de 0° environ, avec de la soude étendue, et ces eaux alcalines sont réunies au liquide brun clair. On acidule cette solution et l'on épuise à l'éther. Après avoir chassé l'éther, il reste une huile qui, rectifiée, passe de 185° à 186° sous 11^{mm} et dont la composition et les propriétés sont celles du *benzoylmalonate d'éthyle* $C^6H^5.CO.CH\begin{cases}CO^2C^2H^5\\CO^2C^2H^5\end{cases}$ déjà étudié par M. Bernhard [2].

Cet éther est en effet coloré par le perchlorure de fer et donne avec l'acétate de cuivre un précipité vert foncé caractéristique.

Quant à la liqueur éthérée primitive préalablement lavée avec de la soude, elle fournit, après élimination de l'éther par distillation, un liquide neutre qui, rectifié, se compose d'une notable quantité d'acétophénone non entrée en réaction, d'un composé passant de 128° à 129° sous 11^{mm} et d'une huile distillant de 205° à 208° sous 13^{mm}.

Il reste dans le ballon un résidu brun qui ne distille partiellement qu'au-dessus de 250° sous un vide de 3^{mm}.

La partie passant de 128° à 129° possède une odeur rappelant celle de

---

(1) BÆYER et PERKIN, *Deut. chem. Ges.*, t. XVI, p. 2130.
(2) BERNHARD, *Ann. der Chemie*, t. CCLXXXII, p. 166.

l'acétophénone et donne à l'analyse des chiffres correspondant à ceux de l'éther benzoylacétique plus 1^{mol} d'eau, $C^{11}H^{14}O^4$.

Il absorbe facilement le brome en donnant un composé bien cristallisé, mais assez instable, qui fond à 78°.

Saponifié par la potasse, il fournit de l'acétophénone.

Nous reviendrons plus tard sur ce composé.

Enfin la fraction distillant de 205° à 208° sous 13^{mm} possède également la composition de l'éther benzoylmalonique, mais en diffère par son insolubilité dans la soude et par la façon dont elle se comporte vis-à-vis le perchlorure de fer qui ne la colore pas.

Ce composé ne peut donc être que de l'éther *β-carbéthoxycinnamique* de M. Bernhard [1] qui le décrit comme une huile épaisse passant de 200° à 202° sous 15^{mm}.

Traité par une solution alcoolique de soude, notre composé se scinde en effet nettement en donnant de l'éther benzoylacétique et sans doute du carbovinate de soude

$$\underset{\substack{|\\ CO^2C^2H^5}}{C^6H^5.CO} = CH.CO^2C^2H^5 + NaHO = C^6H^5.CO.CH^2CO^2C^2H^5 + CO\left\langle\begin{matrix}ONa\\ OC^2H^5\end{matrix}\right.$$

L'éther benzoylacétique a été caractérisé par son isoxazolone fondant à 156°-157°.

Action de l'éther chlorocarbonique sur la pentaméthylacétone sodée. — La pentaméthylacétone pouvant, dans une certaine mesure, être assimilée à l'isopropylphénylcétone, nous l'avons sodée dans les mêmes conditions que cette dernière cétone et traitée par du chlorocarbonate d'éthyle. Au début la réaction est assez vive, puis elle se calme, et l'on est finalement obligé de chauffer pour arriver jusqu'à la neutralisation.

A la distillation, on isole d'abord une certaine quantité de pentaméthylacétone, puis à 89°-90° sous 13^{mm},5 il passe un liquide mobile, incolore, à odeur caractéristique et très pénétrante.

Ce corps répond à la formule $C^{11}H^{20}O^3$ et est constitué par du *triméthyl*-2.2.4-*carbéthoxy*-3-*pentène*-3 formé en vertu de la réaction

$$(CH^3) - C.\underset{\substack{|\\ ONa}}{C} = C = (CH^3)^2 + ClCOOC^2H^5 = NaCl + (CH^3)^3.C.\underset{\substack{|\\ OCO^2C^2H^5}}{C} = C(CH^3)^2$$

---

[1] BERNHARD, *loc. cit.*, p. 169.

Ce produit ne fournit en effet aucune coloration avec le perchlorure de fer et se dédouble, sous l'influence de la soude alcoolique, en donnant la quantité théorique de pentaméthylacétone.

Action de l'éther chlorocarbonique sur la cyclohexanone sodée. — Les cétones cycliques sodées se comportent vis-à-vis de l'éther chlorocarbonique comme les cétones aliphatiques et les cétones aromatiques mixtes.

Un peu plus d'une molécule de cyclohexanone a été sodée avec une molécule d'amidure au sein de l'éther. Le dégagement d'ammoniaque est régulier sans que la température s'élève d'une façon appréciable et peu à peu la poudre d'amidure se transforme en un précipité plus volumineux et blanc du dérivé sodé de la cyclohexanone.

On ajoute alors peu à peu 1^{mol} d'éther chlorocarbonique en ayant soin de refroidir le ballon avec de la glace. On laisse reposer quelques heures et, avant de décomposer par l'eau, on porte le mélange pendant 1 heure à l'ébullition. Après refroidissement, on traite par de l'eau, on décante et l'on chasse l'éther par distillation. Le liquide restant est finalement fractionné dans le vide.

Il passe d'abord de la cyclohexanone, puis, à 108°-110° sous 20^{mm}, un premier produit qui a la composition de l'éther cyclohexanonecarbonique et, enfin, à 148°-150°, une huile. Le premier liquide n'est autre chose que du *carbéthoxycyclohexène*, c'est-à-dire la forme énolique de l'éther cyclohexanonecarbonique, formé suivant la réaction

$$\begin{array}{c} CH \\ CH^2 \diagup \diagdown\!\!\diagdown CONa \\ | \qquad | \\ CH^2 \diagdown \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array} + ClCO^2C^2H^5 = \begin{array}{c} CH \\ H^2C \diagup \diagdown\!\!\diagdown COCO^2C^2H^5 \\ | \qquad | \\ H^2C \diagdown \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array}$$

Il n'est en effet pas coloré par le perchlorure de fer et ne fournit pas de semicarbazone. De plus, quand on le traite par une molécule de soude dans l'alcool, il ne donne que de la cyclohexanone et non l'acide cyclohexanonecarbonique véritable que MM. W.-H. Perkin junior, H.-D. Gardner et Hubert Watson viennent de préparer (1).

Le produit huileux s'est montré être composé en majeure partie par le produit de condensation de la cyclohexanone sur elle-même $C^{12}H^{18}O$, déjà

(1) W.-H. PERKIN jun., H.-D. GARDNER et HUBERT WATSON, *Proceedings of the Chem. Soc.*, t. XXVI, 1910, p. 136.

obtenu par Wallach (¹). Son oxime fond à 155° (Wallach) et sa semicarbazone vers 210°-212°.

En résumé, l'ensemble de ces recherches montre :

1° Que lorsqu'on traite les cétones aliphatiques de la forme

$$R^3.C.CO - CH\begin{matrix}\diagup R_1 \\ \diagdown R_2\end{matrix},$$

ou les cétones mixtes

$$C^6H^5.CO.CH\begin{matrix}\diagup R \\ \diagdown R_1\end{matrix},$$

par de l'amiure de sodium et de l'éther chlorocarbonique, on n'obtient que les éthers carbéthoxyliques suivants :

$$\underset{\underset{\displaystyle OCO^2C^2H^5}{\|}}{R^3.C} = C\begin{matrix}\diagup R^1 \\ \diagdown R^2\end{matrix} \qquad \underset{\underset{\displaystyle OCO^2C^2H^5}{|}}{C^6H^5 - C} = C\begin{matrix}\diagup R_1 \\ \diagdown R_2\end{matrix};$$

2° Qu'avec les cétones $C^6H^5.CO.CH^2.R$ il se produit dans les mêmes conditions de traitement les composés mixtes

$$C^6H^5 - \underset{\underset{\displaystyle OCO^2C^2H^5}{|}}{C} = \overset{\overset{\displaystyle R}{|}}{C} - CO^2C^2H^5$$

que la soude alcoolique scinde en carbovinate de sodium et en éthers monoalcoylbenzoylacétiques.

Nous devons ajouter que ce mode de formation de ces derniers éthers permet de les obtenir à un état de pureté plus grand que celui qui consiste à alcoyler directement les éthers benzoylacétiques.

3° Que l'acétophénone fournit par le même processus de l'éther β-carbéthoxycinnamique dédoublable, par la soude alcoolique, en éther benzoylacétique et carbovinate de soude, et de l'éther benzoylmalonique.

4° Que la cyclohexanone sodée donne avec le chlorocarbonate d'éthyle le carbéthoxycyclohexène.

Nous continuons l'étude des dérivés qu'on peut obtenir en faisant agir les chlorures acides et certains éthers halogénés, notamment l'éther β-iodopropionique, sur les cétones sodées.

(¹) O. WALLACH, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXIX, p. 2966. Dans ce Mémoire l'auteur indique 146°-148° comme point de fusion de l'oxime.

MINÉRALOGIE. — *Les minéraux radioactifs de Madagascar.* Note de M. A. **Lacroix**.

Depuis quelques années, j'ai, à diverses reprises ([1]), signalé l'existence à Madagascar de minéraux uranifères pouvant avoir une importance pratique pour l'extraction des corps radioactifs, dans le cas où ils se trouveraient en quantité suffisante.

L'attention des prospecteurs étant aujourd'hui attirée sur cette question, les découvertes de nouveaux gisements se multiplient et il me paraît intéressant, pour faciliter les recherches, de coordonner toutes les observations que j'ai réunies ([2]). Il s'agit seulement dans cette Note de la nature des minéraux et des conditions de leurs gisements; je me réserve de revenir ultérieurement sur la composition de ces substances et sur la mesure de leur radioactivité.

Je m'occuperai tout d'abord des minéraux uranifères d'origine primaire; ils constituent des éléments de pegmatites; toutes les fois que je les ai vus dans une gangue, j'ai pu constater qu'ils en sont les premiers minéraux consolidés. Le plus souvent, ils sont recueillis à la surface du sol, épars au milieu des produits d'altération de tous les minéraux qui les accompagnent. Il est impossible actuellement de fournir aucun renseignement précis sur leur degré d'abondance, les plus gros fragments examinés pèsent plusieurs centaines de grammes; il est probable que certains gisements pourront les produire par kilogrammes et peut-être davantage.

La région où sont concentrés la plupart des gisements connus et où se trouvent tous ceux pouvant avoir un intérêt économique, est située dans l'Ankaratra, au sud (Ambolotara, Antanamalaza), ou à l'ouest (Tongafeno, etc.) d'Antsirabé; mais il est très vraisemblable que cette localisation n'est qu'apparente; c'est en effet dans cette région que se trouvent la plupart des recherches ouvertes sur des pegmatites à pierres précieuses (béryl, tourmaline, etc.) et c'est dans celles-ci que les minéraux radioactifs ont été trouvés incidemment; or s'ils abondent dans cette catégorie de pegmatites, ils existent aussi en dehors de cette région, dans des pegmatites dépourvues de

---

([1]) *Bull. Soc. franç. Minér.*, t. XXXI, 1908, p. 246 et 318; t. XXXIII, 1910, p. 321; *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. IV, 1910, p. 602 à 613.

([2]) Les matériaux que j'ai étudiés se trouvent dans la collection de minéralogie du Muséum. Je les dois à l'obligeance de MM. Buhan, Dabren, Dropsy, A. et G. Grandidier, Fürst, Lefeuvre, Mouneyres, Rosamoël et Villiaume.

gemmes, où ils ont été décelés accidentellement. Tel est le cas du mont Bandahely, sur la rive droite du Maivarano, au sud-est d'Andranosamonta (nord-ouest de l'île), puis d'un autre gisement situé entre Beforona et Tamatave ([1]).

Les minéraux qui nous occupent ne comprennent pas la pechblende, ce sont des niobates, des niobotantalates et des niobotitanates; il est remarquable de constater qu'à Madagascar ne se rencontrent que des variétés très uranifères de ces minéraux, dont plusieurs parfois ailleurs le sont moins ([2]). Ils se rapportent à deux grands groupes. Le premier comprend des espèces peu ou pas titanifères de la famille du pyrochlore; ils sont assez calciques et renferment des fluorures alcalins. Dans la *hatchéttolite*, c'est l'acide niobique qui prédomine, alors que l'acide tantalique l'emporte dans la *microlite*. Un essai de M. Urbain, que j'ai publié en 1908, a fourni pour la teneur en urane, exprimée en U^3O^8, 14,15 pour 100, avec 2,37 de glucine ([3]) et 56,61 d'acides niobique (prédominant) et tantalique. La perte au feu dépasse parfois 10 pour 100, par suite d'une altération, qui rend de couleur plus claire et moins dense le minéral originellement anhydre.

Ces minéraux ne sont jamais de couleur très foncée, ils sont bruns ou jaunes, parfois translucides sur les bords; ils possèdent un éclat gras très vif. Dépourvus de clivages, ils sont fragiles. Ils cristallisent sous forme d'octaèdres réguliers, avec ou sans les faces du cube ou de trapézoèdres; leurs dimensions varient de quelques millimètres à plus de 1^{cm}; enfin, on les trouve aussi en individus globuleux ne présentant pas de formes géométriques.

La *microlite* en très petits cristaux accompagne le triphane et la rhodizite à Antandranokomby, la *hatchéttolite* forme de gros cristaux sur le flanc occidental du mont Bity, puis dans les pegmatites à béryl de Tongafeno près Betafo, dans celles de filons

---

([1]) Je ne citerai que pour mémoire les granites à ægyrine de la baie d'Ampasindava, dans lesquelles abondent des octaèdres de microlite, car ceux-ci restent toujours microscopiques. (A. Lacroix, *Nouv. Archives Muséum*, 1902.)

([2]) Il existe aussi à Madagascar un niobate qui n'est jamais uranifère, la *columbite;* je l'ai signalé récemment aux environs de Miandrarivo (le gisement exact est Ampangabé), où il se trouve en beaux cristaux. Il est assez vraisemblable que ce minéral existe dans d'autres pegmatites, où il est confondu avec l'ilménite.

([3]) L'existence de la glucine est exceptionnelle dans ce minéral; l'une des caractéristiques des pegmatites de cette région est la richesse en minéraux normalement ou exceptionnellement riches en cet oxyde, en césium, en lithium et aussi en bore.

situés à mi-chemin entre cette dernière localité et Antsirabé, où elle est accompagnée de cristaux de monazite et d'un minéral dont il est question plus loin [1] (G. Grandidier).

Le second groupe renferme des minéraux ne formant que rarement des cristaux distincts; ils sont orthorhombiques ou quadratiques. La chaux n'y joue qu'un rôle restreint, les fluorures alcalins sont absents; ce sont des niobates (*fergusonite*), des niobotantalates (*samarskite*), des niobotitanates (*euxénite*, *blomstrandite*). Les uns (*euxénite* et *fergusonite*) sont très riches en terres de l'yttria, alors que les autres (*samarskite* et *blomstrandite*) sont peu ou très peu yttrifères.

Les analyses données ci-contre, faites par M. Pisani, montrent que la teneur en urane, qui peut être considérable, est variable, ce qui entraîne les différences constatées dans l'intensité de la radioactivité.

a, *blomstrandite* d'Ambolotora; *b*, *euxénite* du même gisement; *c*, *samarskite* d'Antanamalaza; *d*, *fergusonite* des environs de Beforona.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*
Nb^2O^5	34,80	33,70	43,60	50,10
Ta^2O^5	»	»	11,15	»
TiO^2	18,30	19,10	1,42	»
ThO^2	1,30	1,54	1,05	2,07
SnO^2	0,30	»	»	0,20
UO^2	»	16,40	8,70	6,15
UO^3	26,60	»	»	»
$(Y, Er)^2O^3$	0,90	18,38	9,50	31,20
$(Ce, La, Di)^2O^3$	0,60	2,44	4,05	6,15
Al^2O^3	2,10	1,30	0,80	»
Fe^2O^3	2,87	»	»	»
FeO	»	1,10	5,40	0,59
CaO	3,45	2,27	2,43	1,40
MgO	0,40	»	»	0,37
P. F.	7,60	4,00	11,14	1,94
	99,22	100,23	99,24	100,17
Densité	4,17	4,895	4,20	5,58

(1) La découverte de la *monazite* dans cette pegmatite est intéressante, c'est la première fois en effet que ce minéral est trouvé en place à Madagascar; elle apporte une vérification de l'hypothèse que j'ai formulée (*Bull. Soc. franç. Minér.*, t. XXXII, p. 315, 1909) sur l'origine de la monazite des sables aurifères de la Grande-Ile, en signalant ceux du Mananjara, dans lesquels ce minéral existe en quantité suffisante pour qu'on ait pu songer à l'exploiter pour l'extraction de la thorine.

Comme dans le groupe précédent, la teneur élevée en eau de la plupart de ces minéraux est due à une altération, qui abaisse leur densité, de telle sorte que ce caractère physique, qui en général peut être bon pour une distinction rapide, est ici en défaut. Ces niobates ne font d'ailleurs que partager, avec tous les minéraux qui les accompagnent, la particularité d'être profondément altérés par les agents atmosphériques. Il est vraisemblable que si les gisements qui nous occupent font l'objet d'une exploitation régulière, des produits intacts se rencontreront à quelque distance de la surface, et il faut s'attendre dans ce cas à voir leurs caractères extérieurs s'y modifier.

L'*euxénite* se trouve à Ambolotora en petites masses et en cristaux atteignant 5cm, puis, probablement, à Antanamalaza, dans la même région, et enfin au mont Bandahely. Sa cassure est d'un noir brun, conchoïde, à éclat extrêmement vif; par altération, elle se transforme en une substance jaune amorphe, terne, conservant la forme des fragments ou des cristaux de minéral intact [$m(110)$, $g^1(010)$, $h^1(100)$ $a^{\frac{1}{2}}(201)$].

La *blomstrandite* a été rencontrée à Ambolotora, en fragments dépourvus de formes géométriques, ne se distinguant de l'euxénite que par sa couleur d'un brun verdâtre assez clair. C'est probablement à l'hydratation de ce minéral qu'il faut rapporter des cristaux orthorhombiques fragiles, d'un jaune d'or clair, se trouvant dans des pegmatites à quartz rose à 12km ouest d'Antsirabé.

La *samarskite* paraît être le minéral prédominant à Antanamalaza. Ses cristaux, ne dépassant guère 1cm, sont très altérés, passant du noir foncé au jaune brun; l'échantillon analysé était de cette dernière couleur.

Enfin la *fergusonite*, qui ne m'est connue que par un fragment d'une centaine de grammes, est brunâtre; elle a été recueillie entre Beforona et Tamatave, mais son gisement n'a pu être précisé.

Ces minéraux uranifères ne peuvent être distingués avec certitude les uns des autres à l'aide de leurs seuls caractères extérieurs, surtout quand ils ont été modifiés par altération. Leur détermination précise ne peut être faite que dans le laboratoire. Ils ont le caractère commun d'être denses (densité supérieure à 4), de posséder un éclat gras très vif, parfois semi-métallique. Leur couleur varie du noir le plus foncé au jaune clair. Pratiquement, le seul essai sur le terrain qui puisse être recommandé consiste dans l'épreuve de la plaque photographique, sur laquelle ils donnent leur image après quelques heures d'exposition. Ce mode d'examen doit être appliqué aussi aux produits jaunes, terreux, qui, comme on vient de le voir, résultent de la transformation complète de minéraux dont on ne songerait à les rapprocher, s'ils n'en conservaient parfois la forme géométrique.

Il me reste à parler d'un dernier minéral, *l'autunite*, qui, à l'inverse des

précédents, est de formation secondaire. Lorsque je l'ai signalé antérieurement, je n'ai indiqué que vaguement son gisement aux environs d'Antsirabé; depuis lors, grâce à M. G. Grandidier et à M. Dropsy, je suis en possession de renseignements précis à cet égard. Il se trouve à quelques centaines de mètres à l'est du village de Vinanikarena, dans la plaine d'Antsirabé (à 10^{km} au sud de cette localité, près du ruisseau de Fitatahana). Le même minéral a été rencontré par le premier de ces explorateurs dans les pegmatites décomposées de la région d'Ankafotra, à mi-chemin entre Tsiroanmandidy et Ankavandra; il existe aussi dans les pegmatites de la région du Mont Bity.

A Vinanikarena, le sous-sol granitique (pegmatites) est recouvert par 3^m ou 4^m de dépôts horizontaux, stratifiés, récents, consistant en une alternance d'argiles ou de sables blancs, stériles et de trois couches d'argiles tourbeuses, grises ou noires, qui sont uranifères. Parmi ces dernières, la couche supérieure, n'ayant guère plus de $0^m,15$, alors que les autres ont environ $0^m,40$, est la plus tourbeuse et en même temps la plus riche en autunite.

Ces indications, que je dois à M. Dropsy, m'ont fourni l'explication de la structure assez troublante des échantillons que j'ai étudiés depuis plusieurs années.

Contrairement à tout ce qui a été vu, dans les gisements d'autunite connus jusqu'ici, l'origine sédimentaire récente de leur gangue n'est pas douteuse.

Les paillettes micacées d'autunite jaune d'or ne s'y présentent pas à l'état clastique; elles imprègnent la roche argileuse, tapissent des fissures de retrait obliques ou perpendiculaires à la stratification, remplissent des tubes cylindriques, qui paraissent occuper la place de racines ou de trous de vers. Bref, elles jouent dans ce sédiment le même rôle que la vivianite dans les argiles tourbeuses; aussi paraît-il vraisemblable qu'elles résultent d'une réaction analogue à celle qui donne naissance à ce minéral; qu'elles proviennent de la fixation par l'acide phosphorique d'origine organique de sels solubles circulant dans le sédiment; dans l'espèce, il s'agit de sels d'urane et de chaux qui doivent provenir du lessivage de la pegmatite sous-

(1) La première mention de l'autunite à Madagascar est due à M. Jannettaz, qui a décrit (*Bull. Soc. franç. Minér.*, t. X, 1887, p. 47) un fragment dépourvu de toute gangue et sans indication de gisement précis : il avait été donné au Muséum par M. A. Grandidier; il n'est d'ailleurs identique à aucun de ceux trouvés jusqu'à présent dans les gisements décrits ci-contre.

jacente ou plutôt de quelqu'une de celles abondant dans le bassin hydrographique de l'ancien lac d'Antsirabé, car il semble qu'au moins dans le point actuellement exploré, la pegmatite ne soit uranifère qu'au contact de la couche tourbeuse.

Les travaux de recherche permettront de préciser cette question, mais dès à présent, il est certain qu'on se trouve en présence d'un mode de formation d'autunite tout à fait remarquable et différent de celui qui a été observé jusqu'à présent. L'âge de formation de ce minéral est très récent, puisqu'une faune de Mammifères est connue dans les anciens marais de la plaine d'Antsirabé et que celle-ci paraît contemporaine de l'homme.

Ces observations éclairent aussi l'histoire de la formation de l'autunite dans les granites en général et dans ceux de l'Autunois en particulier. J'ai été frappé, en étudiant les gisements de la Troche et des Riaux en Saint-Symphorien-de-Marmagne, de constater que non seulement l'autunite remplit les fissures du granite, imbibe celui-ci, mais encore s'observe au milieu de veines argileuses, dans lesquelles elle est le dernier minéral formé. Il n'est pas possible de la considérer comme résultant d'une action pneumatolitique du magma granitique, mais, de même qu'à Madagascar, il faut la regarder comme résultant d'une réaction récente, l'origine de l'acide phosphorique devant seulement dans ce cas être recherchée dans le granite lui-même, qui est riche en apatite. Malheureusement jusqu'ici, il a été impossible de trouver dans l'Autunois le minéral du granite qui a fourni l'urane, tandis qu'à Madagascar la proximité du gisement des niobates uranifères d'Antanamalaza et de celui de l'autunite de Vinanikarena ne laisse aucun doute sur cette question.

En terminant, je ferai remarquer que le mode de formation qui vient d'être proposé pour l'autunite d'Antsirabé, fournit une indication sur l'origine possible de l'urane et par suite de la radioactivité de cette singulière substance, à aspect d'anthracite, appelée en Suède le *kolm;* elle forme des masses ellipsoïdales à la base des schistes alunifères du Westgotland et ses cendres renferment jusqu'à 3 pour 100 d'oxyde d'urane.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la théorie toxique du sommeil et de la veille.* Note de M. **Ch. Bouchard.**

Dans une Note de MM. Legendre et H. Piéron présentée le 6 février et insérée aux *Comptes rendus* du 20 février 1911, ces expérimentateurs éta-

blissent que la privation de sommeil, le maintien forcé de l'état de veille amène une modification du sang, dont le sérum injecté à un animal sain provoque le sommeil avec des altérations de certaines cellules nerveuses de l'encéphale.

C'est une nouvelle théorie toxique du sommeil avec démonstration expérimentale et constatations anatomo-pathologiques qui dépassent en précision ce qui avait été fait antérieurement.

Je crois pouvoir rappeler que dans la séance du 29 mars 1886, j'ai exposé à l'Académie une théorie du sommeil, également établie sur une base expérimentale, où je concluais à l'accumulation dans le sang pendant l'activité de la période de veille, et par le fait de cette activité, d'un poison qui, arrivé à un certain degré de concentration, provoquait le sommeil.

Ce poison narcotique je ne l'ai pas cherché dans le sang, mais je l'ai trouvé dans l'urine, où j'ai admis qu'il était versé par le sang; et en injectant dans le sang d'un autre animal ce poison urinaire recueilli à la fin de la période de veille, j'ai obtenu la narcose comme celle que MM. Legendre et Piéron observent quand ils injectent le sang d'un animal maintenu longtemps en l'état de veille.

Je ne sais pas si les deux poisons sont identiques. Je fais cette simple remarque que tous deux ont la même origine : l'activité de l'état de veille.

J'ai fait aussi cette observation qui est également vieille de 25 ans, c'est que, pendant la période du sommeil, ce qui domine dans l'urine c'est, non plus la matière narcotique, mais une matière convulsivante. J'ai pu, d'après ces faits, imaginer que l'alternance périodique du sommeil et du réveil pourrait avoir une origine autotoxique, l'accumulation de la matière narcotique fabriquée pendant la veille amenant le sommeil, l'accumulation de la matière convulsivante produite pendant le sommeil préparant et déterminant la secousse musculaire provocatrice du réveil.

BOTANIQUE. — *Sur une plante nouvelle à essence anisée (de Madagascar).* Note de M. **Édouard Heckel.**

Il est arrivé, ces derniers temps, à Marseille un stock assez important sous forme de feuilles et de fruits avec leurs pédoncules, d'une plante de Madagascar (île Sainte-Marie), qui paraît pour la première fois sur le marché européen et se fait remarquer par une forte odeur d'anis ou plutôt de badiane. Avec les seuls fruits et feuilles, je suis arrivé à de fortes pré-

somptions, comme identification d'origine de cette matière commerciale, en faveur de *Pelea Madagascarica* Baillon dont les herbiers du Muséum ne possèdent malheureusement (et il n'y en a pas d'autres échantillons nulle part, ni dans l'ancien, ni dans le nouveau monde) aucune trace de fruits. Mais tous les autres caractères tirés de la feuille et même de l'état tétramère de ce fruit (déjà révélé dans l'ovaire) correspondent parfaitement avec la description de Baillon faite d'après un échantillon botanique récolté par Boivin à Mayotte sur un arbrisseau qui vit dans les forêts de cette île (*au-dessous de la vigie de* Pamanzi) et qui fleurit en juin (*Adansonia* X, 1871-72 *Observations sur les Rutacées* par Baillon). De plus le genre *Pelea*, assez riche en espèces de l'ancien monde, renferme un *Pelea anisata* Mann, des îles Sandwich, qui jouit des mêmes propriétés, lesquelles sont nettement indiquées dans sa dénomination spécifique. Ce végétal, d'après les échantillons en fruits que je possède, est farci dans toutes ses parties, feuilles, fruits (carpelles et même cotylédons de la graine), enfin pédoncules floraux, de poches sécrétrices lysigènes remplies d'huile essentielle jaunâtre qui donnent à ces parties de la plante une odeur très forte d'anis (1).

Cette essence est contenue dans la proportion de 4 à 5 pour 100 dans toutes les parties de la plante, mais elle est plus particulièrement abondante dans le fruit, qui rappelle un fruit de *Ruta* mais beaucoup plus gros et uniformément tétramère.

La densité de cette huile à 15° est de 0,953; son pouvoir rotatoire de + 32° 22′; son indice de réfraction (20°), 1,51469. Elle est soluble dans 4^{vol} d'alcool à 80°.

La teneur de l'essence en anéthol est minime puisque même en la plaçant dans un mélange réfrigérant (— 18°), il est impossible de la faire congeler et il ne s'en sépare pas d'anéthol solide. Par contre, l'addition de bisulfate de soude y opère une vive réaction permettant de conclure à une forte proportion d'aldéhydes qui sont probablement des aldéhydes anisiques (Schimmel).

Ainsi constituée, cette essence semble avoir un avenir commercial bien nettement dessiné en tant que plante dont le parfum est très en honneur, très demandé par diverses industries, et dans ces conditions, des études ultérieures, dont celle-ci n'a d'autre prétention que d'être l'amorce, vien-

(1) Même richesse de poches sécrétrices et même nervation se constatent dans la feuille du *Pelea anisata* de Mann dont j'ai pu examiner un échantillon transmis par M. Stapf, du Jardin royal de Kew.

dront sans doute en compléter la connaissance dans le double intérêt de la mise en valeur de notre grande île malgache et de notre commerce métropolitain. Il est à peu près certain, en effet, que cet arbrisseau doit se retrouver en abondance sur la partie Nord tout au moins de l'île de Madagascar où elle n'est indiquée jusqu'ici dans les Flores qu'à Vohémar (herbier de Richard, n° 87). On ne la connaît dans ses stations insulaires qu'à Mayotte (Comores) et à Sainte-Marie de Madagascar, si, comme je le crois, ma détermination est confirmée par l'examen des fleurs attendues de cette dernière station. On ignore le nom malgache de cette espèce.

M. **A. Dastre** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Jules Lefèvre intitulé : *Chaleur animale et bioénergétique*, dont il a écrit la Préface.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *La résistance de l'air et l'aviation*, par G. Eiffel. (Présenté par M. L. Cailletet.)

2° *Les Poissons oligocènes de la Belgique*, par Maurice Leriche. (Présenté par M. Ch. Barrois.)

3° *Structure anatomique des Mélobésiées. Application à la classification*, par Mme Paul Lemoine. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *Les explosifs modernes*, par M. Paul-F. Chalon. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de* 1910. Note de M. **J. Guillaume**.

Il y a eu 47 jours d'observation dans ce trimestre et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — La décroissance signalée le trimestre précédent continue : on a en effet 18 groupes au lieu de 22. Mais l'aire totale tachée reste sensiblement la même, avec 1167 millioniêmes au lieu de 1164.

La distribution des groupes est restée la même que précédemment (5) au nord de l'équateur et a diminué de 4 (13 au lieu de 17) au sud.

Comme phénomène corrélatif à la diminution de l'aire tachée, nous n'avons noté

aucune tache sur le disque du Soleil dans les 14 jours d'observation suivants : 15 octobre; 4, 9, 10, 12, 15, 24, 26 novembre; 1, 2, 7, 27, 29, 31 décembre; soit un nombre proportionnel de 0,29 au lieu de 0,20 fourni par le précédent trimestre.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules a continué également à diminuer : on a, effectivement, enregistré 45 groupes avec une surface totale de 47,6 millièmes, au lieu de 58 groupes et 54,4 millièmes précédemment.

Leur répartition dans les deux hémisphères est de 33 groupes au lieu de 39 dans l'hémisphère austral et de 12 au lieu de 19 dans l'autre hémisphère.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1910. — 0,05.			
26-8	11	3,0	−14		488
8-14	4	11,2		+ 7	17
7-10	3	12,4		+ 1	6
18-20	3	17,6	−12		15
17-18	2	19,3	−13		8
17-26	8	21,7		+ 6	362
22-26	4	23,3	− 4		16
25-26	2	23,5	−12		3
17-26	8	24,0	− 8		30
22-28	5	27,0	− 9		73
25-26	2	29,0	− 9		9
28-2	2	30,9	− 6		12
	20 j.		− 9°,7	+ 4°,7	

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Novembre. — 0,64.			
14	1	16,8		+10	4
16	1	18,4		+11	35
22	1	25,8	−12		6
	11 j.		−12°	+10°,5	
		Décembre. — 0,38.			
9-14	5	15,0	− 4		54
12-18	4	15,7	− 3		20
18-28	5	24,1	−16		9
	16 j.		− 7°,7	»	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1910.	Sud 90°-40°	Sud 40°-30°	Sud 30°-20°	Sud 20°-10°	Sud 10°-0°	Sud Somme.	Nord Somme.	Nord 0°-10°	Nord 10°-20°	Nord 20°-30°	Nord 30°-40°	Nord 40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.......	»	»	»	4	5	9	3	3	»	»	»	»	12	1039
Novembre.....	»	»	»	1	»	1	2	1	1	»	»	»	3	45
Décembre.....	»	»	»	1	2	3	»	»	»	»	»	»	3	83
Totaux....	»	»	»	6	7	13	5	4	1	»	»	»	18	1167

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1910.	Sud 90°-40°	Sud 40°-30°	Sud 30°-20°	Sud 20°-10°	Sud 10°-0°	Sud Somme.	Nord Somme.	Nord 0°-10°	Nord 10°-20°	Nord 20°-30°	Nord 30°-40°	Nord 40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.......	»	»	1	8	3	12	5	4	1	»	»	»	17	25,6
Novembre.....	»	»	1	6	6	13	4	4	»	»	»	»	17	15,2
Décembre.....	»	»	1	5	2	8	3	2	1	»	»	»	11	6,8
Totaux....	»	»	3	19	11	33	12	10	2	»	»	»	45	47,6

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption sélective de l'atmosphère.* Note de M. Ch. Galissot.

Les principales recherches sur l'absorption des diverses radiations lumineuses par l'atmosphère, reposent sur l'étude photométrique du spectre solaire. En photométrie stellaire, seule les observations de Müller (*Photometrische Untersuchungen*, *Publicationen des Observatoriums zu Postdam*, 1883) peuvent apporter quelque contribution à cette question en faisant intervenir la coloration de l'étoile observée. Or ces observations révèlent un effet de l'absorption d'autant plus grand que le rayonnement lumineux de l'étoile considérée est plus riche en radiations rouges. Ce résultat est en contradiction avec toutes les observations spectrophotométriques solaires.

Dans le cours des années 1909 et 1910, j'ai repris à l'Observatoire de Lyon, les observations de Müller, à l'aide du photomètre hétérochrome de M. Nordmann, afin de mesurer sur des étoiles les effets de l'absorption, dans trois régions du spectre lumineux déterminées au moyen de trois écrans colorés, rouge (R, ... – $0^{\mu},59$), vert (V, $0^{\mu},59 - 0^{\mu},49$) et bleu (B, $0^{\mu},49$ – ...).

Les mesures d'éclat réparties entre 4° et 88° de distance zénithale m'ont permis d'établir pour chaque écran considéré des Tables empiriques de l'extinction moyenne due à l'atmosphère. Celles-ci montrent, comme les observations solaires, que l'extinction croît d'autant plus vite avec la distance zénithale que la longueur d'onde est plus courte.

En évaluant l'épaisseur de la couche traversée en atmosphères, l'ensemble des mesures conduit aux valeurs suivantes pour les coefficients de transmission atmosphérique :

Effet d'une atmosphère.

Coefficient de transmission.	Absorption.	
0,809	0,191	R
0,750	0,250	V
0,728	0,272	B

Mais on ne peut considérer ces nombres comme représentant les coefficients de transmission au zénith, car ils ne permettent de représenter les observations de façon satisfaisante qu'entre 55° et 80°. L'écart entre

l'observation et le calcul est systématique; au zénith les coefficients seraient plus grands et peu différents, l'inverse se produisant à l'horizon. Il ne m'a pas été possible en effet de représenter mes observations pas plus que celles de Müller en admettant, comme on le fait d'habitude, que l'absorption ne dépend que de la masse d'air traversée. Cette hypothèse est illégitime dans le cas tout au moins d'une atmosphère chargée de particules en suspension, et les mesures faites simultanément dans diverses régions du spectre permettent de préciser ce point tout en donnant quelques indications sur la nature de l'absorption.

Considérons la variation d'éclat qui se produit le long d'un élément ds de la trajectoire du faisceau lumineux issu d'une étoile dont la distance zénithale apparente est z,

$$dE(s, z, \lambda) = E(s, z, \lambda)\,K(\lambda)\,\rho(s, z)\,ds, \tag{1}$$

où s est la longueur de l'arc de trajectoire comptée à partir de l'observateur, $E(s, z, \lambda)$ l'éclat de la radiation de longueur d'onde λ au point s, z considéré, $K(\lambda)$ un coefficient, $\rho(s, z)$ une fonction des coordonnées du point.

L'équation (1) intégrée jusqu'aux limites de l'atmosphère où l'éclat est $E(\lambda)$ donne entre l'éclat observé $E(o, z, \lambda) = e(z, \lambda)$ et l'éclat $E(\lambda)$ la relation :

$$\log E(\lambda) - \log e(z, \lambda) = K(\lambda) f(z), \tag{2}$$

si bien que pour deux distances zénithales quelconques z_1 et z_2 et les valeurs λ_R et λ_B, par exemple, de λ on peut écrire :

$$\frac{\log e(z_1, \lambda_B) - \log e(z_2, \lambda_B)}{\log e(z_1, \lambda_R) - \log e(z_2, \lambda_R)} = \frac{K(\lambda_B)[f(z_2) - f(z_1)]}{K(\lambda_R)[f(z_2) - f(z_1)]} = \frac{K(\lambda_B)}{K(\lambda_R)}.$$

La valeur du premier membre résulte immédiatement de l'observation. Celle-ci montre que les rapports $K(\lambda_B) : K(\lambda_R)$ et $K(\lambda_V) : K(\lambda_R)$ qui devraient être indépendants de la distance zénithale croissent en moyenne du zénith à l'horizon comme l'indique le Tableau résumé suivant :

Distances zénithales z_1.	z_2.	$\log e(z_1, \lambda_R) - \log e(z_2, \lambda_R)$.	$\frac{K(\lambda_B)}{K(\lambda_R)}$.	$\frac{K(\lambda_V)}{K(\lambda_R)}$.
40	60	0,092	1,04	0,98?
60	70	0,106	1,16	1,12
70	80	0,313	1,26	1,17
80	85	0,355	1,45	1,30
85	88	0,570	1,71	1,52

En supposant $K(\lambda)$ de la forme $A\lambda^{-n}$ et en admettant pour λ_R, λ_V, λ_B, les valeurs $0^\mu,64$, $0^\mu,54$, $0^\mu,46$, la valeur moyenne de n qui correspondrait à

mes observations serait peu différente de l'unité comme dans les mesures de Langley (*Professionnal papers of the signal Service*, n° XV) et de Müller (*Astr. Nachrichten*, n° 2464, 1882) sur le Soleil. n augmente en moyenne avec la distance zénithale et varie avec l'état du ciel, la détermination déduite des soirées notées brumeuses surpassant légèrement celle déduite des soirées notées claires, mais dans aucun cas ne dépasse la valeur 2. Si la perte de lumière était due uniquement à une diffraction par les molécules d'air, on devrait, d'après les travaux de Lord Rayleigh, adopter pour $K(\lambda)$ une expression de la forme $A\lambda^{-4}$. Cette loi, que vérifient les mesures d'Abney, ne convient pas à mes observations. Malgré l'incertitude que laisse sur les longueurs d'onde efficaces l'emploi des écrans R, V, B, le rapport $\left(\frac{\lambda_R}{\lambda_B}\right)^4$ par exemple ne peut être inférieur à 3, valeur que n'atteint dans aucune mesure le rapport $K(\lambda_B):K(\lambda_R)$. Il paraît donc indiqué d'attribuer un rôle prépondérant au point de vue de la diffraction, à des particules de plus grandes dimensions que celles des molécules d'air. Mais le fait digne d'attention est la variabilité des rapports $K(\lambda_B):K(\lambda_R)$ et $K(\lambda_V):K(\lambda_R)$ qui montre que l'importance relative des particules d'une grosseur donnée varie avec la distance zénithale et par suite qu'une expression de la forme (2) est impuissante à représenter l'absorption. Il est nécessaire de la compléter pour tenir compte des couches inférieures de l'atmosphère, et des mesures analogues aux précédentes, mais faites avec des écrans plus sélectifs, permettront par l'étude de la variation des rapports $K(\lambda_B):K(\lambda_R)$ et $K(\lambda_V):K(\lambda_R)$ de déterminer le rôle et la répartition des centres absorbants.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La structure de la couronne du Soleil dans la théorie d'Arrhenius.* Note [1] de M. CARL STÖRMER.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 20 février 1911), j'ai traité le cas où l'on suppose le Soleil entouré d'un champ magnétique identique à celui d'un aimant élémentaire. Dans la présente Note, nous allons supposer de plus que les corpuscules sont soumis à la gravitation, à l'action d'une charge électrique uniformément répandue sur la surface du Soleil et à la répulsion de la lumière comme l'exige la théorie d'Arrhenius. Quant à la répulsion de la lumière, nous la supposons inversement proportionnelle au carré de la distance au centre du Soleil.

---

[1] Reçue dans la séance du 20 février 1911.

Pour écrire les équations du mouvement des corpuscules, plaçons un système de coordonnées cartésiennes avec l'origine au centre du Soleil et l'axe des z le long de l'axe de rotation. Les équations seront alors

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{d^2x}{dt^2} = a\left(\dfrac{\partial U}{\partial y}\dfrac{dz}{dt} - \dfrac{\partial U}{\partial z}\dfrac{dy}{dt}\right) + b\dfrac{\partial V}{\partial x}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{array}\right.$$

avec des équations analogues pour les dérivées secondes de y et de z; ici a et b sont des constantes, x, y et z les coordonnées cartésiennes, $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ et t le temps. Enfin

$$U = M\frac{z}{r^3}, \qquad V = -\frac{m}{r},$$

où M et m sont deux autres constantes.

Voilà précisément des équations de la même forme que les équations (1) dans ma Note du 12 septembre 1910; on peut donc y appliquer les résultats indiqués dans cette Note et dans la suivante du 26 septembre. Nous préférons cependant procéder directement en introduisant des coordonnées R et φ définies par les relations

$$x = R\cos\varphi, \qquad y = R\sin\varphi.$$

On trouve alors, après quelques calculs,

$$(2)\qquad R^2\frac{d\varphi}{dt} = -aM\frac{R^2}{r^3} + C$$

et

$$(3)\qquad \left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 + R^2\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 = -\frac{2bm}{r} + C_1,$$

C et C_1 étant des constantes d'intégration.

En éliminant φ, on arrive au système

$$(4)\qquad \frac{d^2R}{dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R}, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z}, \qquad \left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = Q,$$

où nous avons posé

$$Q = C_1 - \frac{2bm}{r} - \left(\frac{-aM\dfrac{R^2}{r^3} + C}{R}\right)^2.$$

L'intégration des équations différentielles (1) exige donc l'intégration du

système (4) et des quadratures; or, comme on le sait, l'intégration du système (4) exige l'intégration d'une équation différentielle du second ordre et des quadratures, et même uniquement des quadratures, si l'on connaît une intégrale première ne contenant pas t.

On tire ensuite des équations (2) et (3), en désignant par s l'arc de la trajectoire

$$(5) \qquad R\frac{d\varphi}{ds} = \frac{-aM\frac{R^2}{r^3}+C}{R\sqrt{-\frac{2bm}{r}+C_1}}.$$

Mais R $\frac{d\varphi}{ds}$ est égal au sinus de l'angle θ que fait la tangente avec le plan passant par son point de contact et par l'axe des z; donc

$$(6) \qquad \sin\theta = \frac{-aM\frac{R^2}{r^3}+C}{R\sqrt{-\frac{2bm}{r}+C_1}}.$$

Donc le long de la trajectoire il faut que

$$(7) \qquad -1 \leqq \frac{Cr^3 - amR^2}{Rr^2\sqrt{C_1r^2-2bmr}} \leqq 1,$$

ce qui définit *les parties de l'espace dont la trajectoire ne peut sortir*.

L'étude approfondie des diverses formes de ces parties d'espace sera du plus haut intérêt pour bien juger les conséquences de la théorie d'Arrhenius.

Comme solution particulière du système (1), on a *des trajectoires situées dans le plan* $z = 0$; en éliminant t entre les équations (2) et (4), on trouve pour ces trajectoires

$$(8) \qquad d\varphi = \frac{CR - aM}{R}\frac{dR}{\sqrt{C_1R^4 - 2bmR^3 - (CR - aM)^2}},$$

équation qui peut être intégrée par des fonctions elliptiques.

Signalons aussi des trajectoires particulières en forme de cercles, soit dans le plan $z = 0$, soit dans des plans parallèles [1].

Toutes les considérations ci-dessus peuvent être répétées dans le cas général où les fonctions U et V figurant dans les équations (1) sont *des*

---

(1) Voir mon Mémoire : *Sur un problème relatif au mouvement des corpuscules électriques dans l'espace cosmique* (*Videnskabsselskabets Skrifter*, 1907, Christiania).

fonctions de R *et de* z *seuls*, U *étant supposé un potentiel newtonien*. L'équation de Laplace, à laquelle satisfait alors la fonction U, peut en effet s'écrire

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(R\frac{\partial U}{\partial z}\right)=\frac{\partial}{\partial R}\left(-R\frac{\partial U}{\partial R}\right),$$

et il existe donc une fonction Φ de R et de z seuls satisfaisant aux relations

$$R\frac{\partial U}{\partial z}=\frac{\partial \Phi}{\partial R}, \qquad -R\frac{\partial U}{\partial R}=\frac{\partial \Phi}{\partial z}.$$

En introduisant cette fonction Φ, on aura, au lieu des équations (2) à (7), celles obtenues en remplaçant partout les fonctions

$$M\frac{z}{r^3}, \quad -\frac{m}{r} \quad \text{et} \quad -M\frac{R^2}{r^3},$$

par les fonctions

$$U, \quad V \quad \text{et} \quad \Phi.$$

On en tire les mêmes conséquences que dans le cas particulier traité plus haut [1].

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Faye-Cerulli, faites à l'Observatoire d'Athènes avec l'équatorial Gautier* ($0^m,40$). Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. G. Bigourdan.

Dates. 1910.	Temps moyen d'Athènes.	ΔÆ.	Δ℘.	Nombre de compar.	★.
	h m s	m s	″		
Déc. 3........	11. 1.11	+0.35,66	+12,7	3:4	1
» 23........	9.55.22	+1.49,10	+ 4,9	3:3	2

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1910,0.

★	Gr.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	9,3	3.36. 3,08	+3,33	85.57. 7,2	−15,5	A.G., Albany, 1.068
2.....	8,9	3.39.48,31	+3,38	86.50.19,8	−13,6	A.G., Albany, 1.904

[1] Voilà un des cas de réduction du système (1) indiqués dans ma Note du 26 septembre 1910. En effet U, V et les fonctions m_{ik}, définies dans cette Note, sont indépendantes de la coordonnée φ.

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1910.	Temps moyen d'Athènes.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Déc. 3........	11. 1.11	3.36.42,11	$\bar{2}$,377	85.57. 4,4	$0{,}689_n$
» 23........	9.55.22	3.41.41,11	$\bar{2}$,598	86.50.10,6	$0{,}698_n$

Remarques. — Le 3 décembre, la comète a l'aspect d'une nébulosité diffuse et faible à peu près ronde, de 40″-45″ de diamètre. Condensation à peu près centrale de 11e grandeur.

Le 23 décembre, la comète est très faible; son noyau paraît comme une étoile de 11e-12e grandeur. La nébulosité a un diamètre de 25″-30″.

Ces observations ont été faites à l'aide de M. S. Alibertis.

ASTRONOMIE. — *Sur la découverte d'étoiles doubles nouvelles, à l'Observatoire de Hem.* Note de M. **Robert Jonckheere**, présentée par M. B. Baillaud.

Depuis l'érection de l'équatorial de 35cm à Hem, environ 2000 mesures ont été obtenues, mais cet instrument a été principalement utilisé pour la recherche d'étoiles nouvelles. Plusieurs listes portant à 400 le nombre des découvertes ont été publiées par l'Observatoire. Comme je me propose de poursuivre ces recherches, je crois intéressant de communiquer à l'Académie l'analyse globale des résultats déjà obtenus. J'ai fixé comme limite dès le début la distance 5″ pour les étoiles plus faibles que la 7e grandeur. Les couples sont chaque fois identifiés avec la *Bonner Durchmusterung*, non pas par la lecture différentielle des cercles, ni par la comparaison directe du ciel avec une Carte, mais par les différences en ascension droite et déclinaison des étoiles voisines, obtenues à l'aide du micromètre, et les différences données par la *Bonner Durchmusterung*.

Lorsque l'étoile n'est pas dans ce Catalogue, sa position est déduite d'une étoile de comparaison identifiée de la même façon. Par suite de la difficulté de la plupart des couples découverts, il est important que la position de chaque étoile soit rigoureusement déterminée.

Par le Tableau ci-après, on remarquera que sur les 400 couples découverts, 225 ont une distance égale ou inférieure à 3″.

Catalogue.	0″ à 2″.	2″ à 3″.	3″ à 4″.	4″ à 5″.	5″ et +.	Total.
I.......	54	17	10	0	1	82
II.......	28	36	33	20	16	133
III......	21	28	20	29	2	100
IV......	23	18	25	17	2	85
	126	99	88	66	21	400

Parmi les étoiles contenues entre 0″ et 2″, il y en a de très serrées; en voici quelques exemples qui montreront, je crois, l'efficacité de notre équatorial pour ces recherches :

J. 49.....	0″,31	8,8	9,1	J. 50.....	0″,35	8,6	9,7
J. 62.....	0″,34	9,6	9,7	J. 307.....	0″,36	8,5	8,5

Le pouvoir pénétrant de notre instrument n'est pas moins digne d'attention. A plusieurs étoiles de 4ᵉ et 5ᵉ grandeur, des compagnons très faibles de 14ᵉ grandeur ont été découverts : ainsi, pour Aquilae 140, le professsur Burnham a estimé le compagnon de 14ᵉ grandeur avec le 40 pouces de Yerkes et les écarts entre ses mesures atteignent 1″ pour la distance, c'est une indication de la difficulté de ces nouveaux objets.

Par contre, de nombreuses étoiles doubles découvertes sont d'une facilité étonnante, par exemple :

J. 36.....	1″,67	7,8	10,5	J. 323.....	3″,05	7,5	9,6
J. 53.....	1,77	6,8	10,5	J. 347.....	1,38	7,9	11,0
J. 219.....	2,58	7,8	10,8	J. 355.....	0,67	7,8	9,5
J. 260.....	1,53	7,9	9,5	J. 370.....	2,24	7,9	8,7

Le ciel n'a pas été examiné jusqu'à la 9ᵉ grandeur, aussi systématiquement qu'on pourrait le croire. Ces dernières étoiles montrent bien la possibilité de découvertes intéressantes et l'utilité de nos recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La structure des ensembles de mesure nulle.* Note de M. **Émile Borel.**

Je me bornerai, pour abréger, aux ensembles linéaires; le mot *intérieur* sera toujours pris au sens étroit.

Définitions. — I. Étant donnée une double infinité d'intervalles $I_{n,p}$, ayant les propriétés suivantes :

1° Lorsque q dépasse p, tout point intérieur à $I_{n,q}$ est intérieur à $I_{n,p}$;

2° La somme σ_p des intervalles $I_{n,p}$ correspondant à une valeur fixe de p tend vers zéro lorsque p tend vers l'infini;

L'ensemble des points intérieurs, quel que soit le nombre fixe p, à l'un au moins des $I_{n,p}$, est évidemment de mesure nulle; nous dirons que c'est un ensemble *régulier*.

II. Lorsque p augmente indéfiniment, n restant fixe, les $I_{n,p}$ ont pour limite un point A_n; les points A_n sont dits les *points fondamentaux* de l'ensemble régulier.

Remarques. — I. On ne change pas la définition d'un ensemble régulier en supprimant une infinité des entiers n, pourvu qu'on en conserve une infinité.

II. Les points fondamentaux peuvent ne pas appartenir à l'ensemble; ils peuvent aussi, dans des cas très particuliers (¹), être les seuls points de l'ensemble.

Théorème I. — *Tout ensemble de mesure nulle peut, d'une infinité de manières, être considéré comme faisant partie d'un ensemble régulier.*

Remarque. — L'importance des ensembles réguliers tient à ce que, lorsqu'un ensemble de mesure nulle intervient dans une question, il y a presque toujours avantage à lui substituer un ensemble régulier le contenant; cette substitution est analogue au procédé classique par lequel on compare une série dont le mode de convergence est mal connu à une série plus convergente bien connue.

Une première classification des ensembles réguliers est fournie par la nature de l'ensemble dénombrable des points fondamentaux A_n; un cas particulièrement intéressant est celui où cet ensemble est dense dans un intervalle et ne comprend aucun point extérieur à cet intervalle. Pour donner l'un des intervalles $I_{n,p}$, il suffit alors d'indiquer, suivant les cas, ou les indices des A_m qui coïncident avec ses extrémités, ou les indices des A_m qui lui sont intérieurs. La définition de l'ensemble régulier est ainsi entièrement *arithmétisée*, en vertu de la proposition suivante :

Théorème II. — *Étant donnés deux ensembles dénombrables* A *et* B, *denses*

(¹) Ensembles réductibles.

chacun dans un intervalle, et tels que l'ordre de succession relatif de deux points quelconques A_n, A_m *soit le même que l'ordre de succession relatif des points correspondants* B_n, B_m, *le rapport des vecteurs* A_nA_m *et* B_nB_m *étant compris entre deux limites finies* ([1]), *si l'on définit au moyen des* B *certains intervalles* $J_{n,p}$ *de la même manière que les* $I_{n,p}$ *au moyen des* A, *les deux ensembles réguliers définis respectivement par les* $I_{n,p}$ *et les* $J_{n,p}$ *se correspondront point par point de telle manière que deux points correspondants* A′ *et* B′ *pourront être regardés comme points limites de deux suites* (A_k), (B_k) *composées respectivement de points fondamentaux de mêmes indices.*

En particulier, on peut choisir pour les B_n les nombres rationnels, et l'on voit que tout ensemble régulier dont les points fondamentaux sont denses dans un intervalle est « semblable » à un ensemble formé des nombres rationnels et de certains nombres irrationnels, caractérisés par la nature de leur approximation asymptotique au moyen des nombres rationnels.

Pour définir et classer toutes les sortes d'approximation asymptotique, on retrouverait évidemment les difficultés « transfinies » bien connues relatives au théorème de Paul du Bois Reymond sur les types de croissance et à l'irrégularité de ces types (non comparables entre eux); ces difficultés sont inhérentes à la question; l'étude des ensembles de mesure nulle ne sera jamais achevée; nous avons dû nous contenter de la ramener à des questions où les problèmes correspondants ont déjà été partiellement étudiés et classés.

Observons, en terminant, que les fonctions admettant comme singularités principales les nombres rationnels et comme singularités accessoires un certain entourage asymptotique ([2]) de ces nombres apparaissent, d'après ce qui précède, comme l'image d'un type extrêmement général de fonctions discontinues.

([1]) Voir mes premières *Leçons sur la théorie des fonctions*, p. 131, en note. Le théorème énoncé en cet endroit, concernant la possibilité d'établir la correspondance du texte entre deux ensembles quelconques denses dans deux intervalles égaux, s'étend sans difficulté à deux ensembles denses dans deux domaines *égaux* à un nombre quelconque de dimensions.

([2]) La définition de l'entourage asymptotique dépend, bien entendu, de l'ordre dans lequel sont numérotés les nombres rationnels.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale du type Volterra.* Note de M. T. LALESCO, présentée par M. Émile Picard.

1. Je présenterai dans cette Note quelques remarques sur l'équation intégrale

$$(1)\qquad \int_{\alpha(x)}^{x} \mathrm{N}(x, s)\varphi(s)\,ds = \mathrm{F}(x),$$

dans l'hypothèse non encore complètement étudiée où la courbe $y = \alpha(x)$ est tangente à la bissectrice $y = x$; nous supposerons $\mathrm{N}(0, 0) \neq 0$.

En prenant pour inconnue, à la place de $\varphi(x)$, la fonction

$$(2)\qquad f(x) = \int_{\alpha(x)}^{x} \varphi(s)\,ds,$$

l'équation (1) revient à la résolution de l'équation

$$(3)\qquad \mathrm{N}(x, x)f(x) - \int_{\alpha(x)}^{x} \mathrm{N}'_s(x, s)f(s)\,ds = \mathrm{F}(x),$$

qui est du type simple, suivie de celle de l'équation intégrale (2). Cette dernière équation se résout immédiatement par un procédé d'itération qui donne, d'une façon générale,

$$\int_{\alpha_{n+1}(x)}^{\alpha_n(x)} \varphi(s)\,ds = f[\alpha_n(x)],$$

et, par conséquent, par addition et passage à la limite

$$(4)\qquad \int_{0}^{x} \varphi(s)\,ds = \sum_{p=0}^{\infty} f[\alpha_p(x)].$$

Soit

$$y = \alpha(x) = x - x^{1+\mu}\chi_1(x) \qquad [\chi_1(0) \neq 0, \mu > 0],$$

l'équation de la courbe. On a le résultat suivant :

Pour que l'équation (1) *admette une solution finie, il est nécessaire et suffisant qu'on ait aussi* $\mathrm{F}(x) = x^{1+\mu}\mathrm{F}_1(x)$. *L'équation* (4) *et, par conséquent aussi, l'équation* (1), *admet, dans ce cas, une seule solution donnée par sa première intégrale à l'aide d'une série absolument et uniformément conver-*

gente. Si de plus $\alpha(x)$ est dérivable et si $F(x)$ admet une dérivée remplissant la condition de Lipschitz, l'équation aura une solution, et une seule, donnée directement par une série uniformément et absolument convergente.

Ces résultats découlent de la relation

$$\lim_{p=\infty} \frac{\alpha_p(x)-\alpha_{p+1}(x)}{[\alpha_p(x)]^{1+\mu}} = \chi_1(0) \neq 0.$$

2. Appliquons ce théorème au problème suivant de la théorie des équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre, du type hyperbolique :

Déterminer la solution finie et continue de l'équation hyperbolique du second ordre qui, sur les deux courbes régulières C_1 et C_2 : $y=\alpha_1(x)$ et $y=\alpha_2(x)$, prend les valeurs données $\beta_1(x)$ et $\beta_2(x)$ respectivement.

Dans le cas où les courbes C_1 et C_2 sont *tangentes entre elles* à l'origine, on obtient le résultat suivant :

Pour qu'il existe une solution finie et continue de l'équation hyperbolique remplissant les conditions demandées, il est nécessaire et suffisant que les courbes de l'espace G_1 et G_2,

(G_1) $\qquad y=\alpha_1(x), \qquad z=\beta_1(x),$

(G_2) $\qquad y=\alpha_2(x), \qquad z=\beta_2(x),$

aient un contact d'ordre au moins égal à celui des courbes C_1 et C_2; dans ce cas, la solution est unique.

On obtient ce résultat en appliquant simplement la formule de Riemann, qui nous donne une équation intégrale de la forme

$$F(x) = \int_{h(x)}^{x} u(x,s)\left[\frac{\partial z}{\partial y}\alpha'_1(s) - \frac{\partial z}{\partial x}\right]_s ds \qquad \{h(x) = \alpha_1^{-1}[a_2(x)]\},$$

où le noyau $u(x,s)$ représente la fonction de Green $u[x,\alpha_2(x);s,\alpha_1(s)]$, introduite par Riemann, fonction qui, pour $x=s=0$, est égale à l'unité, et $F(x)$ une fonction dont l'ordre infinitésimal est égal à celui de

$$\beta_1(x)-\beta_2(x).$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la propagation des discontinuités dans le mouvement des fils flexibles.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. Painlevé.

Les formules donnant les vitesses de propagation des ébranlements longitudinaux et transversaux, dans le mouvement des fils, ne sont généralement établies que dans le cas très particulier d'une corde vibrante infiniment peu déformée et de température invariable. On peut s'affranchir de ces restrictions et considérer une discontinuité d'un ordre quelconque $n > 1$.

Considérons un fil en mouvement aux instants t_0 et t, t_0 étant choisi une fois pour toutes. Ces deux états se correspondent point par point : à l'arc s, compté sur l'état actuel, correspond l'arc ω compté sur l'état primitif, et l'on reconnaît que les équations indéfinies du problème sont :

$$(1) \qquad \rho_0\left[(X, Y, Z) - \frac{\partial^2(x, y, z)}{\partial t^2}\right] + \frac{\partial\,\Theta(\alpha, \beta, \gamma)}{\partial\omega} = 0,$$

$$(2) \qquad c\rho\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial\omega}\left(K\frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial T}{\partial\omega}\right) - k(T - T_e) - \frac{T}{E\rho}\frac{\partial\Theta}{\partial T}\frac{\partial\rho}{\partial t},$$

$$(3) \qquad \rho\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial\omega}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial\omega}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial\omega}\right)^2} = \rho_0, \quad (\alpha, \beta, \gamma) = \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial(x, y, z)}{\partial\omega}, \quad \Theta = f(\rho, T) \ \ [1].$$

Supposons que le fil soit le siège d'une discontinuité persistante d'ordre n par rapport à x, y, z : d'après (2) et (3), on voit qu'elle sera, en général, d'ordre $n-1$ pour ρ, par suite, d'ordre n pour T et d'ordre $n-1$ pour Θ; mais, comme il nous arrivera de faire l'hypothèse $K = 0$, nous ne la supposerons que d'ordre $n-1$ pour T. Entre les vitesses de déplacement du point de discontinuité V et V_0 mesurées sur les états actuel et primitif, on aura la relation $\rho V = \rho_0 V_0$.

δ désignant la variation brusque qu'éprouve une quantité quand on franchit le point de discontinuité, on reconnaît que la discontinuité est

---

[1] En appelant ρ et ρ_0, les densités actuelle et primitive; X, Y, Z, les composantes de la force extérieure par unité de masse, fonctions des coordonnées actuelles x, y, z, de t et des cosinus α, β, γ de ds; Θ, la tension; T et T_e, les températures absolue et ambiante; K et k, les coefficients de conductibilité du fil, fonctions de ρ; T, ainsi que c, chaleur spécifique à longueur constante; E, l'équivalent mécanique de la chaleur; f, une fonction donnée.

caractérisée par un vecteur (λ, μ, ν) et une quantité τ tels que

$$\delta \frac{\partial^n (x, y, z)}{\partial \omega^{n-p} \partial t^p} = (\lambda, \mu, \nu)(-\mathrm{V}_0)^p, \qquad \delta \frac{\partial^{n-1} \mathrm{T}}{\partial \omega^{n-p-1} \partial t^p} = \tau(-\mathrm{V}_0)^p.$$

Il résulte alors de (3) que les variations des dérivées de ρ, de Θ et de α, β, γ sont, en posant $\alpha\lambda + \beta\mu + \gamma\nu = \Sigma\alpha\lambda$, données par les formules

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} &\delta \frac{\partial^{n-1} \rho}{\partial \omega^{n-p-1} \partial t^p} = -\frac{\rho^2}{\rho_0} \Sigma\alpha\lambda (-\mathrm{V}_0)^p, \\ &\delta \frac{\partial^{n-1} \Theta}{\partial \omega^{n-p-1} \partial t^p} = \left(-\frac{\partial \Theta}{\partial \rho} \frac{\rho^2}{\rho_0} \Sigma\alpha\lambda + \frac{\partial \Theta}{\partial \mathrm{T}} \tau\right)(-\mathrm{V}_0)^p, \end{aligned} \right.$$

$$(5) \quad \delta \frac{\partial^{n-1} (\alpha, \beta, \gamma)}{\partial \omega^{n-p-1} \partial t^p} = \frac{\rho}{\rho_0} [(\lambda, \mu, \nu) - (\alpha, \beta, \gamma) \Sigma\alpha\lambda](-\mathrm{V}_0)^p.$$

Cela posé, les équations (1) conduisent aux relations

$$\left(\mathrm{V}^2 - \frac{\Theta}{\rho}\right)(\lambda, \mu, \nu) + (\alpha, \beta, \gamma)\left[\Sigma\alpha\lambda\left(\frac{\partial \Theta}{\partial \rho} + \frac{\Theta}{\rho}\right) - \frac{\rho_0}{\rho^2} \frac{\partial \Theta}{\partial \mathrm{T}} \tau\right] = 0,$$

d'où l'on déduit, en multipliant par α, β, γ et ajoutant,

$$(6) \quad \Sigma\alpha\lambda\left(\mathrm{V}^2 + \frac{\partial \Theta}{\partial \rho}\right) - \frac{\rho_0}{\rho^2} \frac{\partial \Theta}{\partial \mathrm{T}} \tau = 0,$$

et, par comparaison avec les précédentes,

$$(7) \quad \left(\mathrm{V}^2 - \frac{\Theta}{\rho}\right)[(\lambda, \mu, \nu) - (\alpha, \beta, \gamma) \Sigma\alpha\lambda] = 0.$$

I. Supposons d'abord $\Sigma\alpha\lambda \neq 0$. Si K est $\neq 0$ (fil bon conducteur), (2) montre que $\tau = 0$; la discontinuité est donc au moins d'ordre n pour T. L'équation (6) se réduit à

$$\mathrm{V}^2 + \frac{\partial \Theta}{\partial \rho} = 0,$$

formule analogue à celle de Newton pour les fluides. Si $\mathrm{K} = 0$ (fil mauvais conducteur), on déduit de (2)

$$\mathrm{V}\left(\tau - \frac{\mathrm{T}}{c \mathrm{E} \rho_0} \frac{\partial \Theta}{\partial \mathrm{T}} \Sigma\alpha\lambda\right) = 0,$$

de sorte que si l'on a $\mathrm{V} \neq 0$, l'équation (6) devient

$$\mathrm{V}^2 + \frac{\partial \Theta}{\partial \rho} - \frac{\mathrm{T}}{c \mathrm{E} \rho^2}\left(\frac{\partial \Theta}{\partial \mathrm{T}}\right)^2 = 0 \qquad \text{ou bien} \qquad \mathrm{V}^2 + \frac{\partial \Theta}{\partial \rho} \frac{\mathrm{C}}{c} = 0,$$

en introduisant la chaleur spécifique à tension constante C ; cette formule est analogue à celle de Laplace pour les gaz. Dans les deux cas, les équations (7) se réduisent à

$$(\lambda, \mu, \nu) - (\alpha, \beta, \gamma)\Sigma\alpha\lambda = 0;$$

elles montrent que la discontinuité est longitudinale et au moins d'ordre n pour α, β, γ, d'après (5).

II. Supposons maintenant $\Sigma\alpha\lambda = 0$: d'après (4) et (6), on voit que la discontinuité est au moins d'ordre n pour ρ et Θ. D'autre part, l'équation (7) se réduit à

$$V^2 - \frac{\Theta}{\rho} = 0.$$

Les dérivées de Θ, qui figurent dans les équations précédentes, s'expriment au moyen du module de Young à température constante $\mathcal{E}$ et du coefficient de dilatation thermique à tension constante D par les relations

$$\frac{\partial\Theta}{\partial\rho} + \frac{\mathcal{E}}{\rho} = 0, \qquad \frac{\partial\Theta}{\partial T} + D\mathcal{E} = 0.$$

PHYSIQUE. — *Nouveau procédé de désélectrisation des matières textiles au moyen des courants électriques de haute fréquence.* Note de MM. **J. Paillet**, **F. Ducretet** et **E. Roger**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que dans les différentes phases de la manutention des matières textiles (laines, soies, cotons, papiers, films), il est nécessaire, pour obtenir des produits de bonne qualité et éviter les trop grands déchets de matière première, d'avoir recours à certains moyens qui présentent de graves inconvénients au point de vue de la salubrité ou de la sécurité des ouvriers.

Par suite de l'électrisation qui se produit pendant l'étirage de la laine, par exemple, les fibres divergent et une notable partie se détache de la mèche principale. Il en résulte un déchet très important, car la matière tombée est dépréciée.

En outre le fil produit est de grosseur irrégulière et la casse devient fréquente ; la qualité du fil se trouve diminuée et le travail de l'ouvrier chargé de rattacher les fils devient excessif.

Le procédé d'humidification généralement employé aujourd'hui ne remédie à cet inconvénient qu'aux dépens de la salubrité des salles, car

toute aération est interdite, les salles fortement surchauffées et les fenêtres fermées par doubles croisées.

En outre l'excès d'humidité sur les matières textiles augmente le collage des mèches sur les organes des métiers, ce qui est une nouvelle cause de déchets.

On a essayé dans le même but d'avoir recours à une charge électrique distribuée le long des métiers par des conducteurs isolés, cette charge étant produite par une bobine de Ruhmkorff ou une machine électrostatique, afin d'annuler l'électricité développée dans la matière textile; mais les fortes commotions ressenties au contact des conducteurs dans le premier cas, pendant les différentes opérations du rattachage des fils et du nettoyage sont dangereuses, pour les ouvriers, si l'on veut employer une certaine énergie. Dans le second cas, la charge est très difficile à maintenir à une valeur rigoureuse pour assurer une neutralisation exacte sans produire une charge inverse.

Les courants de haute tension par une source de courant alternatif employés dans ce but seraient extrêmement dangereux et inapplicables dans une usine.

Après différents essais exécutés à Fourmies dans les usines de M. Paillet, nous avons obtenu le résultat cherché en utilisant les courants de grande fréquence à haute tension, tels qu'ils sont déjà appliqués en électrothérapie à la suite des travaux de M. le Professeur d'Arsonval et plus récemment en télégraphie sans fil.

L'emploi de ces courants étant inoffensif, il est possible de mettre en jeu une grande énergie, sans qu'il en résulte aucun danger pour les ouvriers. Le procédé que nous employons actuellement et qui fonctionne régulièrement depuis le mois de mai 1910, utilise la décharge oscillante de condensateurs alimentés par un courant alternatif survolté au moyen d'un transformateur. Le dispositif ayant donné le meilleur résultat est celui qui est connu sous le nom de « résonnateur Oudin », tel qu'il est employé dans les stations de télégraphie sans fil. Les conducteurs aériens ou antennes sont ici distribués le long des métiers au voisinage des matières textiles à traiter et sont garnis de place en place de petits balais en fils métalliques très souples afin de ne pas blesser les mains des ouvriers, et destinés à répartir la charge aux points précis où elle doit être utilisée.

Le résonnateur Oudin se compose d'un grand solénoïde à forte section ne comprenant qu'un petit nombre de spires composé de deux sections dont on peut faire varier les longueurs au moyen d'un curseur mobile.

La décharge s'effectue à travers une section du circuit qui réagit sur les autres spires et sur les conducteurs de distribution par phénomène de résonance. L'étincelle de décharge jaillit entre les électrodes d'un éclateur; le circuit inférieur du résonnateur est relié à la terre, et l'extrémité supérieure communique avec les fils aériens. Une

bobine de self variable sert au réglage et à l'accord du circuit primaire afin d'obtenir dans ce circuit le phénomène de résonance. Les radiations électriques sont ainsi utilisées dans les meilleures conditions de rendement.

Les résultats obtenus ont été officiellement constatés par le *Bureau de Conditionnement des soies et laines de Roubaix-Tourcoing*, et ont montré que la solidité à la traction, mesure de la limite de l'effort nécessaire pour amener la casse, était augmentée de 7 à 15 pour 100; dans certains cas, le chiffre a atteint 22 pour 100.

Quelles que soient les conditions d'humidité et de température, les chiffres obtenus sont toujours en faveur de la méthode nouvelle. L'élasticité, qualité très importante en raison des opérations postérieures du tissage, s'est trouvée accrue dans la proportion de 19 pour 100. La diminution des déchets a atteint 23 pour 100, et sur les laines de basse qualité, où le déchet est généralement très important, ce chiffre a atteint dans certains cas 28 pour 100.

Il importe de considérer que ces résultats, qui procurent un bénéfice sensible au filateur, ne sont pas obtenus aux dépens du personnel ouvrier; bien au contraire, le nouveau système permet de diminuer, dans une forte proportion, le degré d'humidité et la température des salles de travail; ces conditions mauvaises étaient souvent des sources de conflits entre les industriels et les inspecteurs du travail.

De l'avis même des ouvriers consultés à ce sujet, le nouveau procédé n'entrave en rien leur travail et soulage même leur effort, puisque les casses de fils deviennent moins fréquentes.

Il est aujourd'hui possible de voir dans l'usine de Fourmies les fenêtres ouvertes et les salles largement aérées, chose inconnue jusqu'ici de tous ceux qui connaissent les conditions ordinaires du travail dans cette industrie.

SPECTROSCOPIE. — *Une idée de Walther Ritz sur les spectres de bandes.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. H. Deslandres.

Il a été trouvé, dans les papiers laissés par Ritz, sur une petite feuille portant quelques équations et quelques mots de texte, une ébauche de théorie d'un mécanisme d'émission des *spectres de bandes* que je vais essayer d'expliciter.

Rappelons que l'organe d'émission des *spectres de lignes en séries*, ima-

giné d'abord par lui comme formé de bâtonnets magnétiques et non magnétiques, juxtaposés en ligne droite, peut être réalisé de diverses façons. Ritz se représentait volontiers [1] les bâtonnets magnétiques comme fournis par des solides de révolution chargés d'électricité à la surface et animés d'un mouvement rapide de rotation autour de leur axe. Il s'était rendu compte en particulier, que pour des solides de révolution quelconques on peut trouver une distribution superficielle d'électricité qui les rend équivalents à des systèmes de deux pôles magnétiques situés sur l'axe. Lorsque les pôles magnétiques se rapprochent de la surface, la densité électrique augmente indéfiniment dans leur voisinage et les surfaces portant l'électricité deviennent pratiquement équivalentes à des charges ponctuelles. Ces solides sont alternativement positifs et négatifs et doués de rotation de sens contraire. Ils sont fixés les uns aux autres, en chaîne linéaire, par leur attraction électrostatique. Il avait pensé que les bâtonnets non magnétiques, exigés eux aussi par la théorie des spectres de lignes en série, pourraient être des corps électrisés de même espèce mais dépourvus de rotation, puis, faisant un pas de plus, que l'électron vibrant et le pôle électrique libre à l'extrémité de la file des bâtonnets seraient une seule et même chose.

Supposons que, supprimant les bâtonnets non magnétiques, on considère une file de bâtonnets magnétiques. On peut admettre que, lorsqu'elle est soumise à une tension, elle possède la propriété de prendre les mouvements vibratoires d'une corde ou plutôt d'une chaîne.

Il règne le long de cette chaîne un champ magnétique H, dirigé dans le sens de la longueur et elle porte des charges électriques équidistantes. Supposons que ces charges exécutent des vibrations circulaires autour de l'axe, sous l'influence combinée de la tension α^2 et du champ H. (La Note de Ritz est muette sur la raison pour laquelle les actions du champ sur les charges positives et négatives voisines ne se neutralisent pas. On peut peut-être invoquer à cet effet une différence de configuration des charges positives et négatives que l'on est disposé à admettre par ailleurs. Les unes, occupant un espace plus étendu seraient, par exemple, partiellement en dehors du champ.)

L'état vibratoire est alors décrit par

$$(1) \qquad \begin{cases} y = A \sin \dfrac{m\pi x}{a} \sin \nu t, \\ z = A \sin \dfrac{m\pi x}{a} \cos \nu t, \end{cases}$$

[1] *Annalen d. Phys.*, t. XXV, 1908, p. 670.

où a est la distance entre deux nœuds consécutifs, m un nombre entier et $\nu:2\pi$ la fréquence. Les équations du mouvement d'un élément de corde dx, de masse μdx et de charge εdx, contiendront le terme d'inertie et les forces provenant du champ magnétique et de la tension de la corde :

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &\mu\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\varepsilon H\frac{\partial z}{\partial t}-\alpha^2\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=0,\\ &\mu\frac{\partial^2 z}{dt^2}-\varepsilon H\frac{\partial z}{\partial t}-\alpha^2\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=0,\end{aligned}\right.$$

d'où, en substituant (1), deux fois la même équation :

$$(3)\qquad \mu\nu^2+\varepsilon\nu H-\frac{m^2\pi^2}{a^2}\alpha^2=0,$$

dans laquelle H peut aussi être remplacé par —H, donc

$$(4)\qquad \nu=\pm\frac{2H}{2\mu}\pm\frac{2H}{2\mu}\sqrt{1+\frac{m^2\pi^2}{\mu^2a^2}\alpha^2}.$$

Les solutions correspondant aux deux signes + et aux deux signes — sont seules acceptables. En posant

$$\frac{4\pi^2\alpha^2}{2^4H^2a^2}=k^2,$$

nombre qui est petit quand la tension de la corde a un rôle subordonné par rapport au champ, on a

$$(5)\qquad \nu=\frac{\varepsilon H}{\mu}\left(1+\frac{m^2k^2}{4}-\frac{m^4k^4}{16}+\ldots\right).$$

Pour $m=0$, on retrouve la fréquence d'une charge décrivant un cercle dans le champ H, qui sert à Ritz à expliquer les spectres en séries. Si l'on s'arrête au deuxième terme, on a la loi de Deslandres avec $\nu_0=\frac{\varepsilon H}{\mu}$ pour la tête de la bande. Si l'on conserve le troisième terme, ν croît moins vite, comme l'indiquent les mesures sur certaines bandes à raies très nombreuses.

Ritz est amené ici à choisir entre une file rectiligne et un anneau fermé. Il donne la préférence à ce dernier dans les termes suivants : « S'il y a deux extrémités les lignes devraient être d'abord simples ($m=1, 2, \ldots$), puis à m grand correspondront des vibrations diverses, selon que l'on se trouve aux extrémités ou au milieu. Donc anneau circulaire. »

ν croît avec m, la bande a donc la tête du côté du rouge. Pour obtenir des

valeurs de ν décroissantes, il faut supposer α^2 négatif. L'anneau au lieu d'être tendu est comprimé dans la direction de la périphérie.

Nous pensons que cette tentative, tout incomplète qu'elle est, mérite de retenir l'attention parce qu'elle comporte un mécanisme qui, avec les nombreuses variantes qui sont possibles, a quelque chance de contenir l'explication du phénomène des spectres de bandes.

PHYSIQUE. — *Formules relatives à la transmission de la chaleur entre un fluide en mouvement et une surface métallique.* Note (¹) de M. F. Leprince-Ringuet, présentée par M. H. Le Chatelier.

1. Lorsque le coefficient de transmission α (²) par mètre carré, par degré d'écart de température et par heure, est constant tout le long du tube, et lorsque la température du tube θ est également invariable, la chute de température entre un point 1 et un point 2 est donnée par l'équation différentielle

$$(1) \qquad S w \varpi c_p \frac{d\tau}{\tau - \theta} = \frac{\chi \alpha \, dl}{3600}.$$

D'où l'on déduit la relation connue

$$(2) \qquad \log_e \frac{\tau_1 - \theta}{\tau_2 - \theta} = \frac{\alpha \chi l}{3600 \, S w \varpi c_p},$$

τ température moyenne du fluide, l distance entre les points 1 et 2, χ périmètre soumis à l'échange de chaleur, S section de passage, w vitesse moyenne, ϖ poids spécifique du fluide, c_p chaleur spécifique à pression constante.

La température moyenne τ_m du fluide dans ce cas satisfait à

$$(3) \qquad \tau_m - \theta = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\log_e \dfrac{\tau_1 - \theta}{\tau_2 - \theta}}.$$

2. Si la température $\theta = \theta_i$ est variable et peut se mettre sous la forme

$$(4) \qquad \theta_i - \theta = b(\tau - \theta),$$

(¹) Présentée à la séance du 17 février 1911.

(²) Voir ma précédente Note, p. 436 ci-dessus.

θ étant une température fixe, il est facile de voir que la formule (2) subsiste à condition d'y remplacer α par

$$\alpha' = \alpha(1-b) = \alpha\left(1 - \frac{\theta_1 - \theta_2}{\tau_1 - \tau_2}\right). \tag{5}$$

Ce cas se présente notamment lorsque le métal est extérieurement en contact avec un fluide maintenu à une température constante.

3. J'ai établi que α était en réalité variable avec l et avec τ.

Si l'on peut écrire à la distance l de l'origine de l'échange de chaleur,

$$\alpha = \alpha_1 l^{-p}, \tag{6}$$

il est facile de voir que la formule (2) subsiste, mais elle donne une valeur

$$\alpha'' = \frac{\alpha_1}{(1-p)l^p} = \frac{\alpha}{1-p}. \tag{7}$$

La valeur moyenne α_m de α entre o et l est également

$$\alpha_m = \frac{\alpha}{1-p}.$$

La formule (2) donne donc

$$\alpha'' = \alpha_m.$$

Cette valeur moyenne α_m de α est la valeur de α à la distance

$$x = l(1-p)^{\frac{1}{p}} \tag{8}$$

ou, dans le cas où p est petit, à la distance

$$x = \frac{l}{e} \qquad (e = 2,72). \tag{8 bis}$$

4. Si l'on peut écrire, en fonction de la température,

$$\frac{\alpha}{c_p} = \frac{\alpha_\theta}{c_{p,\theta}}[1 + \Delta(\tau - \theta)], \tag{9}$$

le premier membre de la formule (2) doit être remplacé par

$$\log_e\left(\frac{\tau_1 - \theta}{\tau_2 - \theta}\right) - \log_e\left[\frac{1 + \Delta(\tau_1 - \theta)}{1 + \Delta(\tau_2 - \theta)}\right]$$

et dans le second membre α et c_p doivent être remplacés par α_θ et $c_{p,\theta}$.

5. On écrira donc dans le cas général

$$\log_e\left[\frac{\tau_1-\theta_1}{\tau_2-\theta_2}\,\frac{1+\Delta(\tau_2-\theta_2)}{1+\Delta(\tau_1-\theta_1)}\right]=\frac{\alpha_{x,\theta}\chi l\left(1-\frac{\theta_1-\theta_2}{\tau_1-\tau_2}\right)}{3600\,S\,w\,\varpi\,c_{p,\theta}}, \tag{10}$$

$\alpha_{x,\theta}$ étant le coefficient correspondant à la distance x de la formule (8) et à la température θ de la formule (4).

6. Si l'on continue dans ce cas à appliquer la formule (2), on trouve une certaine valeur α'''. Cette valeur correspond à la température moyenne τ_m telle qu'on ait

$$\tau_m-\theta=\frac{\frac{1}{\Delta}\log_e\frac{1+\Delta(\tau_1-\theta_1)}{1+\Delta(\tau_2-\theta_2)}}{\log_e\left[\frac{\tau_1-\theta_1}{\tau_2-\theta_2}\,\frac{1+\Delta(\tau_2-\theta_2)}{1+\Delta(\tau_1-\theta_1)}\right]}. \tag{11}$$

Ces équations permettent de tirer parti des expériences sur la chute de température entre deux points pour déterminer, soit le coefficient de transmission à la température θ ou sa variation avec la température, soit la température τ_m à laquelle correspond le coefficient α donné par la formule (2).

PHYSIQUE. — *Sur la constante du rayonnement.* Note de MM. **Ch. Fery** et **M. Drecq**, présentée par M. E. Bouty.

I. Dans un travail antérieur [1], l'un de nous a déterminé la valeur numérique du coefficient a de la loi de Stefan-Boltzman, en employant pour la première fois un *récepteur intégral.*

La valeur obtenue fut trouvée d'environ 18 pour 100 plus élevée que celle généralement admise.

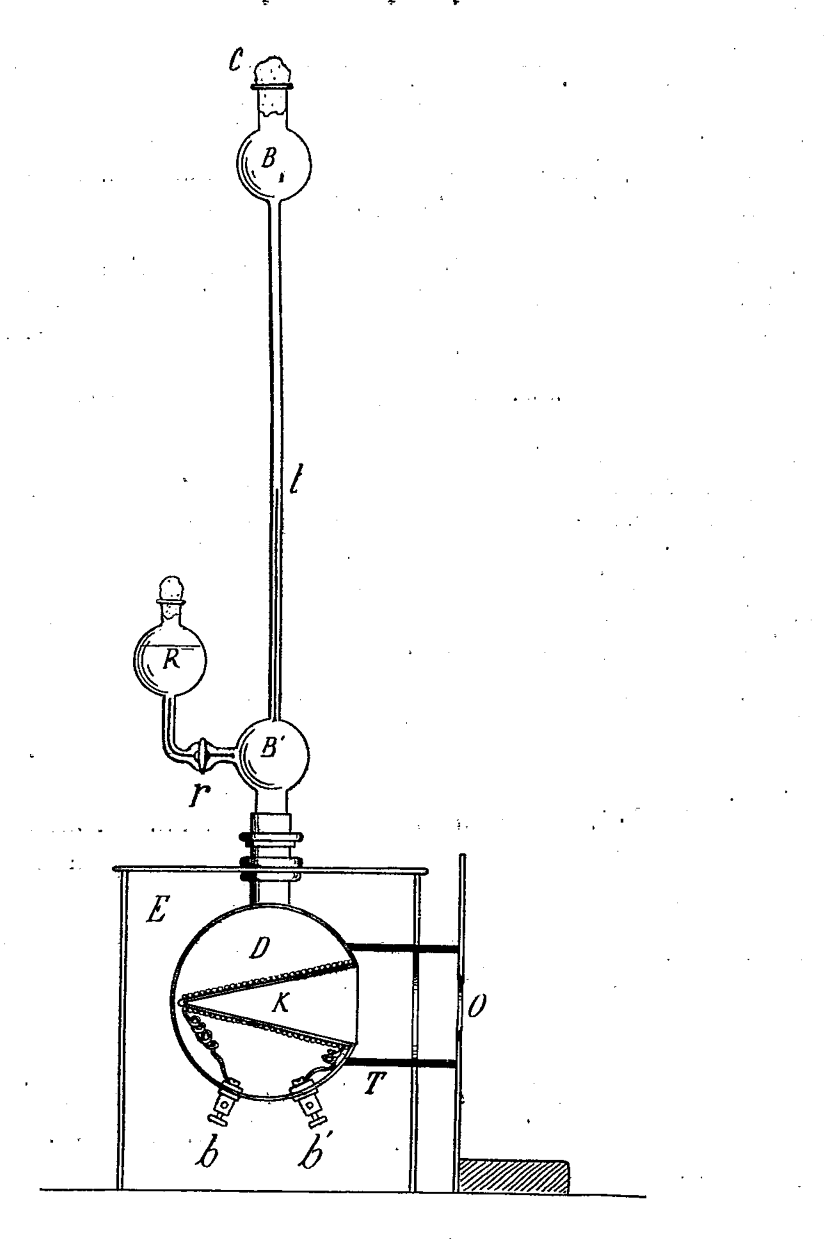
Depuis la publication de ce travail, MM. Bauer et Moulin [2], émettant quelques doutes sur l'exactitude de l'étalonnage de notre récepteur, ont repris ces mesures par une méthode indirecte de substitution.

Ils ont ainsi obtenu pour $\sigma=\pi a$, d'abord 6,00 [2], puis 5,3 [3], à la suite d'une correction importante qu'ils avaient négligée dans leurs premières mesures.

---

[1] *Comptes rendus*, 5 avril 1909.
[2] *Comptes rendus*, 29 novembre 1909.
[3] *Comptes rendus*, 17 janvier 1910.

Étant donné le grand écart que présente cette dernière valeur donnée comme définitive et exacte à 1 pour 100 près par ces auteurs et le nombre



obtenu par nous-mêmes, il nous a semblé nécessaire de reprendre de nouvelles déterminations avec un dispositif échappant aux critiques faites à l'actinomètre ayant servi à nos premières mesures.

II. Le nouveau récepteur a toujours la forme d'une cavité conique K (*fig.* 1) dont nous croyons avoir indiqué suffisamment les propriétés et les avantages.

Ce cône est recouvert d'un enroulement en manganine pour l'étalonnage en watts, et il est baigné par l'alcool renfermé dans une grosse sphère D formant la masse d'une sorte de thermo-calorimètre.

La lecture de l'ascension se fait au moyen d'une lunette, $0^{mm},1$ représentant une variation de température de $0°,0005$.

L'étalonnage a été obtenu en faisant passer le courant électrique pendant 10 minutes dans le fil résistant pour chaque puissance. L'observation de la variation du niveau, 10 minutes avant et 10 minutes après le passage du courant, permet de faire la correction habituelle employée en calorimétrie.

Cet étalonnage a fourni une *droite rigoureuse* de l'ascension corrigée en fonction des watts.

L'installation de l'expérience pour la mesure de l'énergie radiante comprend un four électrique renfermant une moufle en fer portée au voisinage du point de fusion de l'or et dont l'ouverture est limitée par un écran parcouru par un courant d'eau. Cette ouverture constitue la surface rayonnante. Des écrans intermédiaires en liège recouverts de papier d'étain permettaient de soustraire le récepteur au rayonnement du four en le faisant glisser latéralement. Les durées de réception et de correction étaient de 10 minutes, comme pour l'étalonnage.

La série définitive comprend 24 déterminations très concordantes dont la moyenne fournit pour a la valeur 2,073 et pour $\sigma = \pi a$, 6,51.

Le repérage de la température a été obtenu avec un pyromètre Féry étalonné au point de fusion de l'or (provenance Kahlbaum). Toutes les mesures ont été faites entre 1300° et 1400° absolus, par conséquent tout à fait au voisinage du point d'étalonnage 1337° absolus.

Les résultats obtenus confirment donc complètement les déterminations primitives faites par l'un de nous en 1909.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie cinétique des gaz et la réalisation d'un rayonnement matériel d'origine thermique.* Note de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. P. Villard.

Il est maintenant admis universellement que les gaz sont constitués par des molécules agitées en tous sens; leur énergie cinétique moyenne est proportionnelle à la température absolue, avec un coefficient de proportionna-

lité qui est le même pour tous les gaz et représente une constante universelle, d'après la loi générale de l'équipartition de l'énergie. En ce qui concerne les liquides, les récentes expériences de M. Perrin sur le mouvement brownien ont fourni une base expérimentale remarquablement solide à la conception de la réalité moléculaire.

L'expérience suivante me paraît mettre en évidence l'agitation moléculaire au sein d'un gaz d'une manière très frappante. Prenons par exemple un tube de verre cylindrique divisé en trois parties par deux cloisons perpendiculaires à son axe; ces cloisons sont percées chacune en leur centre d'un petit trou, de manière à constituer des diaphragmes.

Plaçons le tube verticalement après avoir placé dans le compartiment inférieur une petite quantité d'un corps assez peu volatil à la température ordinaire pour que nous puissions réaliser dans le tube un excellent vide; on peut employer par exemple un métal alcalin pur. Après avoir fait le vide aussi complètement que possible, chauffons le compartiment inférieur seul à une température convenable; ce sera, pour le sodium, vers 400°. Le métal se vaporise et ses molécules sont agitées en tous sens dans le compartiment inférieur, avec la vitesse moyenne qui correspond à la température de 400°. Certaines d'entre elles traversent le diaphragme qui sépare le compartiment inférieur du compartiment moyen. Parmi celles-ci, la plupart vont frapper les parois de ce compartiment ou la paroi inférieure du deuxième diaphragme et, après un certain nombre de collisions, viennent s'y fixer sous la forme d'un dépôt miroitant de métal distillé. Mais quelques-unes peuvent passer par le deuxième diaphragme; ce sont celles, principalement, qui avaient franchi le premier diaphragme en suivant une route suffisamment rapprochée de l'axe du tube. En d'autres termes les deux diaphragmes produisent une sélection parmi les molécules qui sortent du compartiment inférieur et ne laissent pénétrer dans le compartiment supérieur, le troisième, que des molécules dont les vitesses ont des directions comprises à l'intérieur de l'un ou l'autre des deux cônes qui s'appuient sur le contour des deux diaphragmes et qui ont leurs sommets, l'un entre les deux diaphragmes et l'autre sur le prolongement de la ligne qui joint leurs centres. Parmi ces molécules, très peu se rencontreront puisque leurs vitesses sont presque toutes dirigées parallèlement, et, puisque tout gaz étranger est supposé absent, ou du moins négligeable, ces molécules continueront leur chemin en ligne droite, avec une vitesse dont la grandeur moyenne doit être de l'ordre de 550^m par seconde pour le sodium chauffé à 400°, jusqu'à ce qu'elles rencontrent le bout du tube. Là elles rebondiront, puis,

repoussées par de nouvelles arrivantes, établiront avec elles un chemin moyen assez petit pour produire une condensation métallique sur la paroi terminale. Si un obstacle tel qu'une petite baguette de verre, par exemple, ou le bord d'un troisième diaphragme, comme dans les tubes qui sont présentés à l'Académie, arrête au passage celles qui le rencontrent, une *ombre* se dessinera sur la paroi par l'absence du dépôt matériel. Comme les deux diaphragmes inférieurs définissent deux cônes de rayonnement, il y aura même *ombre et pénombre*, de même que, si l'on fait tomber sur un écran, à travers deux diaphragmes, la lumière provenant d'une surface éclairée, qui émet dans toutes les directions, on obtient une trace lumineuse plus intense dans la région centrale, commune aux deux cônes, que dans la région périphérique appartenant seulement au cône de sommet intérieur.

L'expérience confirme d'une manière éclatante l'apparition du dépôt métallique et des ombres à l'extrémité supérieure du tube. Dans le compartiment moyen on observe un dépôt extrêmement mince qui présente diverses colorations variables avec son épaisseur, laquelle augmente graduellement à partir de zéro quand on s'éloigne du diaphragme inférieur.

Parmi ces colorations, l'une d'elles est un bleu qui rappelle celui du ciel et qui doit son origine, comme lui, à un phénomène de diffraction par les petites particules condensées. Sur les *parois verticales du compartiment supérieur on n'observe* AUCUN *dépôt ; sur le fond du tube on voit, avec une très grande netteté, un dépôt miroitant qui correspond à la section par la paroi du cône tangent intérieurement aux deux diaphragmes ;* la région centrale, renforcée et tranchant assez nettement sur la première, correspond à la partie commune aux deux cônes. L'ombre portée par une tige de verre transversale placée dans le compartiment supérieur est d'une netteté absolue.

J'ai pu *faire parcourir ainsi à des molécules* (assez nombreuses pour produire en quelques minutes un dépôt miroitant) *des chemins rectilignes sensiblement parallèles ou faiblement divergents de l'ordre d'une vingtaine de centimètres.* Rien n'indique, du reste, qu'il ne soit facile de dépasser cette distance (1).

---

(1) Elle correspond au chemin moyen de libre parcours des molécules d'un gaz en équilibre statistique sous une pression de l'ordre de quelques dix-millièmes de millimètre de mercure, pression supérieure à celle de l'atmosphère résiduelle de gaz étrangers présents dans mes tubes.

Cette expérience me paraît rendre à peu près évidente l'existence des molécules et de leurs trajectoires rectilignes entre deux chocs mutuels. Une objection apparente peut se présenter à l'esprit : le phénomène ne serait-il pas dû à un jet de vapeur s'échappant en ligne droite à travers les diaphragmes sous l'effet de la différence de pression (très faible, à la vérité) qui existe entre le compartiment inférieur, plein de vapeur, et le compartiment supérieur vide? Il est facile de voir que ce serait là jouer sur les mots. Ce que l'expérience prouve, c'est *la propagation rectiligne* de quelque chose de matériel s'échappant du volume de vapeur, propagation rectiligne que des obstacles suppriment mais ne font pas dévier. Or ce que l'on appelle *jet de gaz* est quelque chose d'essentiellement tourbillonnaire après la rencontre d'un obstacle. Et dire que l'expérience précédente réalise un jet dans lequel les particules les plus petites sont toutes animées de vitesses *parallèles*, c'est dire la même chose que ce qui a été décrit plus haut.

La possibilité d'observer un rayonnement matériel dont l'énergie est d'origine entièrement thermique ouvre la voie à un assez grand nombre de recherches, dont l'ensemble pourrait porter le nom de *cinétique expérimentale;* par exemple la mesure simultanée de l'énergie cinétique que transporte ce rayonnement et de sa quantité de mouvement donnera, je l'espère, le moyen de mesurer directement la vitesse moyenne d'agitation thermique. Des expériences sont actuellement en cours pour l'étude électrique de ce rayonnement.

Indépendamment de l'intérêt que ce phénomène présente en lui-même, il fournit un moyen remarquablement commode pour recouvrir une électrode isolée d'un dépôt métallique parfaitement pur, en vue de l'étude des propriétés photoélectriques ou de l'émission, spontanée ou provoquée, des divers rayonnements électriques.

PHYSIQUE. — *Sur les rayons de Sagnac.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. Villard.

Sagnac et Curie ont montré que dans le rayonnement secondaire émis par la matière soumise à l'irradiation X il existe des rayons électrisés négativement, peu pénétrants et analogues aux rayons cathodiques. Si l'on se débarrasse de ces rayons, et, pour cela, un faible filtrage suffit, le rayonnement S est réduit à une radiation de même nature que les rayons X. On considère généralement cette radiation, non comme des rayons X primaires diffusés, mais comme une radiation nouvelle d'une qualité différente des RX primaires. Les recherches que j'ai entreprises sur les RS

produits par les métaux légers, tels que l'aluminium, et par les substances organiques m'ont conduit à des conclusions contraires à la théorie d'une émission nouvelle, et en faveur de l'hypothèse d'une simple diffusion du faisceau X primaire.

Dispositif expérimental. — J'ai utilisé concurremment la méthode fluoroscopique et la méthode radiographique.

A. *Méthode radiographique.* — Le tube A, déjà protégé par une enveloppe de verre au plomb B, est placé (*fig.* 1) au-dessus d'un diaphragme de plomb P de 4^{cm} d'épaisseur, limitant un cône de RX, CAD. En E est la plaque ou le papier radiographique, protégé en dessous par une planche de plomb P′ ouverte en O et présentant une couronne FF′ où prennent place des secteurs d'aluminium de 0^{mm} à 5^{mm} formant analyseur. Au niveau de cette couronne, le réactif photographique ne reçoit donc que les RS envoyés par la lame irradiée H placée à 7^{cm} en dessous.

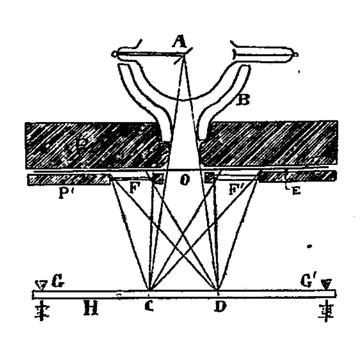


Fig. 1. — Dispositif radiographique.

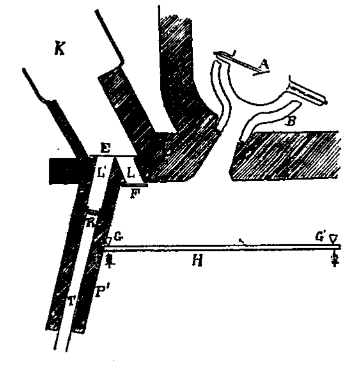


Fig. 2. — Dispositif fluoroscopique.

Une échelle conventionnelle est faite sur le même réactif à l'aide d'un échantillon de radium, de manière à doser les teintes de la couronne. Cette échelle, dans mes expériences, a été graduée en millièmes de l'unité M que j'emploie ordinairement.

B. *Méthode fluoroscopique.* — La figure 2 montre le dispositif employé : L est un orifice par où les RS de la lame irradiée H viennent frapper l'écran de platinocyanure de baryum E et y déterminent un disque fluorescent. En F est une lame portant des filtres d'Al de 1, 2, 3^{mm} qu'on peut à volonté passer devant l'orifice L. Un étalon de radium R glisse dans le tube de plomb P′. La tige porte-radium T est graduée en unités d'éclat de la plage de E correspondante. Cette graduation a été faite préalablement à l'aide d'un rayonnement X constant et exprimée en $\frac{1}{1000}$ d'unité M. K est une chambre noire.

Résultats obtenus. — Considérons d'abord les RS donnés par un faisceau X n^{os} 7-8 Benoist, préalablement filtré par un filtre d'Al épais

(5^{mm} au moins, 10^{mm} si possible). Ce faisceau filtré présente à travers des lames de matière radiochroïque et d'Al en particulier une courbe de transmission à peu près exponentielle comme s'il était monochromatique, et répondant à la formule $I = I_0 K^l$ (I, intensité transmise; I_0, intensité initiale; K, coefficient de pénétration à travers 1^{mm} d'Al; l, nombre de millimètres traversés) dans laquelle K tend vers la limite 0,89 à 0,90, à partir de 0,85 pour un filtre préalable de 5^{mm} (cas ci-après).

Voici les intensités des RS correspondant à des lames H (*fig.* 2) de 1, 3, 5, 8^{mm}).

Épaisseur de la lame de Al irradiée.........	1^{mm}	3^{mm}	5^{mm}	8^{mm}
Intensité de RS en E (*fig.* 2)..............	$0^m,0033$	$0^m,0085$	$0^m,0125$	$0^m,0142$
Intensité de RS derrière le filtre F de 3^{mm}...	»	»	$0^m,0077$	$0^m,0082$
Rapport de ces deux intensités.............	»	»	0,62	0,58

Ce qui frappe tout de suite, c'est que toutes les fois que les conditions expérimentales ont permis de déterminer le coefficient de transmission relatif aux RS on a pu constater que la fraction transmise par 3^{mm} d'Al est voisine de 0,60, ce qui donne pour K la fraction $\sqrt[3]{0,60}$ ou 0,85 environ. Il semble donc que si l'on considère un faisceau X quasi monochromatique, les RS produits ont le même coefficient de pénétration, la même qualité; et rien ne les différencie du rayonnement primaire.

Mais si l'on admet ces déductions on est amené à penser que la quantité de RS envoyés dans une direction donnée par chaque couche élémentaire de la lame irradiée est fonction de la quantité de rayons X fixée par cette couche, et que pour arriver à l'extérieur ces RS subissent une absorption pareille à celle que subirait le faisceau X primaire à travers les couches interposées. Pour la première couche élémentaire, la quantité de RS produits est fonction de la quantité $I_0(1-k)$; pour la deuxième de $I_0(k-k^2)$; pour la troisième de $I_0\,(k^2-k^3)$, ...; pour la $n^{\text{ième}}$ de $I_0\,(k^{n-1}-k^n)$, en appelant k le coefficient de transmission d'une couche élémentaire pour les RX incidents; et les quantités transmises à l'extérieur seront respectivement fonction de $I_0(1-k)$, $I_0(k-k^2)k$, $I_0(k^2-k^3)k^2$, ..., $I_0(k^{n-1}-k^n)k^{n-1}$. La somme des RS envoyés dans cette direction sera donc

$$\Sigma RS = z I_0(1-k+k^2-k^3+k^4-k^5-\ldots-k^{2n-1}) = z I_0 \frac{1-k^{2n}}{1+k},$$

z étant un coefficient qu'on pourrait appeler le coefficient de diffusion dans la direction considérée.

Si nous exprimons k, coefficient de transmission d'une couche élémentaire commune au faisceau X primaire et aux RS, en fonction de K, coefficient pratique de 1^{mm} d'Al, on peut écrire $k = K^{\frac{1}{m}}$, m étant le nombre de couches élémentaires comprises dans 1^{mm}. La formule devient alors

$$\Sigma RS = z I_0 \frac{1 - K^{\frac{2n}{m}}}{1 + K^{\frac{1}{m}}}.$$

Si l'on considère des couches élémentaires infiniment minces, m tend vers l'infini et $K^{\frac{1}{m}}$ vers l'unité, l'exposant $\frac{2n}{m}$ conservant sa même valeur fixe, $2l$, l étant l'épaisseur de la lame; on a alors

$$\Sigma RS = z I_0 \frac{1 - K^{2l}}{2}.$$

En particulier, pour des lames H (*fig.* 2) de 1^{mm}, 3^{mm}, 5^{mm} et 8^{mm}, l'exposant $2l$ prenant les valeurs 2, 6, 10, 16, on trouve que les intensités correspondantes des RS envoyés dans l'orifice L doivent avoir les valeurs relatives : 1; 2,45; 3,40; 4,25 pour K = 0,90.

Or, si l'on se reporte aux chiffres expérimentaux ci-dessus, on constate que leurs rapports 1; 2,55; 3,75; 4,26, sont assez voisins des précédents.

D'ailleurs, si l'on recueille l'impression radiographique de ces RS avec des poses inversement proportionnelles à ces nombres (dispositif de la figure 1), on constate que les impressions sont égales.

Donc l'intensité des RS émis peut être exprimée en fonction de l'intensité du rayonnement X primaire et du coefficient de pénétration de ce rayonnement, qui doit être regardé comme étant aussi celui des rayons S produits. Ces conclusions sont applicables aux faisceaux polychromatiques réduits à leurs composantes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Eau polymérisée et eau de cristallisation. Réponse à M. Lecoq de Boisbaudran.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. A. Haller.

Le rapprochement entre l'hypothèse physique de l'eau polymérisée et le fait chimique de l'eau de cristallisation constitue l'objet du présent travail.

On sait que d'après l'hypothèse de Röntgen émise en 1891, précisée par

Sutherland en 1900 et discutée au Congrès de la Société de Faraday (Londres, avril 1910) [1], l'eau à la température ambiante est considérée comme un mélange de molécules polymérisées.

Elle serait saturée d'une part de vapeur d'eau (H^2O, eau normale) et d'autre part de glace $(H^2O)^3$ eau polymérisée [1].

Les proportions étant rapidement variables avec la température, le coefficient 3 demeure pour l'instant incertain.

Un essai de statistique chimique [2] portant sur 179 sels hydratés et cristallisés donne les résultats suivants :

En les classant d'après le nombre de molécules d'eau qu'ils contiennent, on voit que de 1^{mol} à 12^{mol} tous les chiffres sont représentés dans leur suite naturelle. A partir de 12 le nombre de molécules ne progresse plus que par 3 à la fois jusqu'à 24^{mol}, limite actuelle.

L'ensemble des termes renfermant $(H^2O)^3$ forme une progression qui paraît très homogène depuis le premier terme jusqu'au huitième et dernier ; toutefois le terme $7\,(H^2O)^3 = 21$ aq paraît manquer.

A partir de 4^{mol} d'eau on trouve une série de sels dont la déshydratation partielle révèle l'existence simultanée dans le même cristal de deux espèces de molécules qui se distinguent par la température nécessaire pour les éloigner. Les sels renfermant 4^{mol}, 7^{mol}, 10^{mol} se comportent comme formés par $1+3$; $1+6$; $1+9$; les sels à 8^{mol} d'eau se montrent quelquefois comme contenant $2^{mol}+6^{mol}$ d'eau. En faisant le décompte à ce point de vue on trouve :

Sels contenant 3^{mol} d'eau et multiples	77	100
Sels contenant 3^{mol} associés à (H^2O) ou $(H^2O)^2$.	23	
Sels à 2^{mol}, 4^{mol}, 8^{mol} d'eau		54
Sels à 1^{mol} d'eau		16
Non classés		9
Total		179

(Ces chiffres sont à considérer comme approximatifs. Les renseignements sur les effets de la déshydratation partielle présentant encore, dans l'état actuel, de grandes lacunes.)

(1) *The constitution of water*, dans *Transactions of the Faraday Society*, t. VI, juillet 1910.

(2) Biedermann, *Chemiker Kalender*, 1909, p. 16-58.

La première conclusion de cette étude, c'est que dans un même cristal on peut trouver l'eau sous deux espèces, fait qu'on ne doit pas perdre de vue si l'on veut déterminer les propriétés physiques de l'eau constituant les groupements $(H^2O)^2$ et $(H^2O)^3$ dans les sels hydratés cristallisés.

En rapprochant ces faits de l'hypothèse de Röntgen, on voit que, si l'eau est réellement un mélange de trois espèces, le sel anhydre, en se dissolvant dans ce liquide, se trouve en présence des trois espèces toutes formées : H^2O ; $(H^2O)^2$; $(H^2O)^3$. Dès lors, on peut s'attendre à retrouver ces mêmes espèces dans les cristaux hydratés qui se séparent de la dissolution.

L'expérience constate effectivement l'existence de groupes tout formés, qui entrent et qui sortent de la molécule hydratée sans se fractionner.

Les phénomènes chimiques ne contredisent point la théorie de Röntgen basée sur des faits physiques. Ce travail montre que c'est sous la forme de $(H^2O)^3$ que l'eau se trouve le plus souvent dans les cristaux les plus riches en molécules d'eau.

C'est aussi le groupement le plus stable aux températures relativement basses où le cristal se sépare de son eau mère. Il s'y trouve quelquefois associé aux groupes H^2O et $(H^2O)^2$ qui résistent plus énergiquement que lui aux moyens de dessiccation.

A la suite de la publication du procès-verbal de la séance du 10 février 1911, de la Société chimique de France qui donne le résumé de ma Communication relative à l'eau de cristallisation, M. Lecoq de Boisbaudran a présenté à l'Académie des Sciences une observation insérée dans les *Comptes rendus* (1).

L'auteur s'exprime ainsi :

« Dans le petit fascicule de la Société chimique de France, il a paru l'extrait d'un travail de M. Rosenstiehl sur la façon dont s'opère la déshydratation des sels. Entre autres choses très intéressantes, M. Rosenstiehl fait remarquer que : « Il n'y a pas d'exemple de sels ne perdant qu'une molécule d'eau en dehors de ceux qui n'en contiennent qu'une. »

M. Lecoq de Boisbaudran rappelle alors qu'il a étudié les sulfates magnésiens en 1869 et qu'il a décrit des sels contenant plusieurs molécules d'eau, mais pouvant n'en perdre qu'une seule. L'observation est juste.

---

(1) T. 152, p. 356.

Séparée de son contexte, la phrase citée prend une signification générale qui ne lui revient pas.

Le laconisme propre à un résumé a occasionné une méprise qu'il importe de faire cesser. Celle-ci est relative au procédé de déshydratation employé. Or à des méthodes différentes correspondent des résultats différents. Mon résumé se rapporte à des sels cristallisés *séparés* de leur liquide mère par les procédés mécaniques en usage dans les laboratoires et séchés soit par la chaleur, soit dans le vide sec, à la température ambiante, ou encore à des sels précipités par l'alcool de leur dissolution aqueuse.

Les quatre sels cités par M. Lecoq de Boisbaudran ont au contraire été obtenus par des procédés plus délicats et créés par lui.

Ils ont pris naissance dans une dissolution sursaturée, soit par une circonstance fortuite, mais le plus souvent à la volonté de l'opérateur, au contact d'une trace de sel de forme isomorphe avec le sel qu'on veut obtenir, soit un sel à 7 aq.

Puis, l'introduction, dans ce même liquide mère, d'un nouveau germe d'une espèce différente, mais renfermant une molécule d'eau en moins, a provoqué non seulement dans le liquide mère un deuxième dépôt de cristaux du nouveau type à 6 aq, mais le mouvement commencé dans le liquide s'est étendu à la masse des cristaux à 7 aq formés par le premier ensemencement.

Ceux-ci se transforment sur place en sel à 6 aq, perdant une molécule d'eau, à froid, dans le sein même des eaux mères !

C'est là une méthode de déshydratation qui n'a certes rien de commun avec celles qui ont été employées pour les combinaisons cristallisées qui ont servi de base à mon essai de statistique. Et l'on m'excusera de les avoir rappelées ici.

Ces curieuses transformations, qui sont l'œuvre de traces de cristaux, ont exigé une technique perfectionnée, se rapprochant de celle employée par Pasteur pour les cultures bactériologiques. Dans les deux cas, en effet, la multiplication d'un individu défini est obtenue par ensemencement d'un liquide nourricier à l'aide d'un germe de l'espèce voulue : rapprochement qui en fait ressortir la haute portée philosophique.

La méthode suivie par M. Lecoq de Boisbaudran montre l'influence décisive de l'*isomorphisme* sur la fixation ou sur le départ d'*une* molécule d'eau.

Mon travail étudie l'influence de la *polymérie* sur la fixation ou le départ simultané de *plusieurs* molécules d'eau. Les deux travaux se complètent l'un par l'autre en ce qui concerne la déshydratation des sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesses de réactions dans les systèmes gaz-liquides.* Note de M. J. **Boselli**, présentée par M. A. Haller.

Ainsi que nous l'avons dit dans une Note précédente, nous avons été amené à conclure que l'oxydation du pyrogallate de potassium, de l'oxalate ferreux et de l'hémoglobine, ainsi que la fixation de CO par l'hémoglobine, se produisent pratiquement instantanément, et que la vitesse de réaction mesurée dépend uniquement de la vitesse avec laquelle les corps réagissants sont amenés vers la surface de séparation des deux phases gazeuse et liquide par diffusion et convection.

Voici un bref résumé de nos résultats :

Hémoglobine. — La vitesse de réaction mesurée n'est pas modifiée, toutes choses égales, que l'on opère sur le sang total, les globules en suspension dans l'eau physiologique, ou l'hémoglobine en solution; elle est la même quel que soit le vertébré à sang chaud dont cette hémoglobine provient, et que la réaction soit acide ou alcaline.

Résultats communs à l'hémoglobine, au pyrogallol et à l'oxalate. — 1° Les vitesses croissent, toutes choses égales, moins rapidement que les pressions de O^2 au-dessus du liquide; plus la concentration du corps dissous est grande, plus la vitesse tend à devenir indépendante de la pression du gaz (la vitesse est mesurée par le rapport $\frac{dp}{dt}$ du poids dp de gaz absorbé dans l'intervalle de temps dt).

2° L'influence de la température est très faible, surtout vers la fin de la réaction; d'une part, une élévation de température augmente les coefficients de diffusion et diminue la viscosité du liquide, ce qui accélère la vitesse de réaction et, d'autre part, cette élévation de température diminue la solubilité des gaz, ce qui ralentit la réaction. Ces actions opposées ont pour conséquence un très faible coefficient de température.

3° La vitesse croît comme la puissance $\frac{1}{2}$ de l'agitation, du moins quand celle-ci n'est pas trop faible.

4° Il y a une grande analogie entre l'étude cinétique de l'oxydation de l'oxalate ferreux, de l'hémoglobine et du pyrogallate de potassium, non seulement qualitativement, mais quantitativement; cela s'explique parce que la nature chimique du corps dissous n'intervient pas, mais seulement son coefficient de diffusion qui varie approximativement comme l'inverse de la *racine carrée* du poids moléculaire du corps.

Nous avons aussi étudié des oxydations lentes : sulfate ferreux et glucose en liqueur alcaline; dans ce cas, ainsi que nous l'avons expliqué dans la Note précédente, on mesure une vitesse de réaction en milieu homogène, les

solutions vivement agitées pouvant être considérées comme pratiquement toujours saturées de O^2 qu'elles absorbent lentement.

Résultats. — *Sulfate ferreux.* — La réaction est monomoléculaire par rapport à O^2, ce qui permet de supposer que l'oxygène intervient dans la réaction sous forme moléculaire et non atomique; bimoléculaire par rapport au sulfate; l'action de la température vérifie sensiblement la formule d'Arrhénius relative aux vitesses de réactions en milieu homogène :

$$L_n w = -\frac{b}{T} + f;$$

w vitesse, b et f constantes, T température absolue.

L'action de divers catalyseurs a été étudiée; les sels de cuivre sont catalyseurs +; le glucose et SO^4H^2 catalyseurs —; ces trois catalyseurs ont ceci de commun que leur action devient à peu près indépendante de leur concentration à partir d'une valeur faible de celle-ci; cette concentration limite, exprimée en molécules, étant de l'ordre de grandeur de la concentration de O^2 dissous à saturation.

Résultats relatifs au glucose en liqueur alcaline. — La vitesse d'oxydation croît très rapidement avec la concentration en KOH et sensiblement suivant la troisième puissance de cette concentration; le tartrate ferrico-potassique ajouté à ces liqueurs alcalines a une action catalytique +; mais, à partir d'une certaine concentration en sel de fer, l'addition d'un excès de ce sel paraît avoir peu d'influence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chlorobromures et chloroiodures de silicium.* Note de MM. A. Besson et L. Fournier, présentée par M. Troost.

Dans une précédente Communication (¹) nous avions émis l'opinion qu'on pourrait obtenir des chlorobromures condensés du Si par l'action de l'hydrogène sur les chlorobromures du type SiX^4, sous l'influence de l'effluve électrique; cette opinion était fondée sur l'observation que l'hydrogène agissait sous cette influence, sur le chlorure $SiCl^4$, en donnant les chlorures condensés Si^nCl^{2n+2}, tandis qu'il était sans action sensible sur $SiBr^4$; cela conduisait à penser que l'hydrogène condenserait les chlorobromures $SiCl^3Br$, $SiCl^2Br^2$, $SiClBr^3$ avec départ de chlore, le brome restant fixé. Ces vues se sont trouvées justifiées; mais de plus nous avons constaté qu'on pouvait obtenir les premiers chlorobromures très purs en faisant réagir simultanément H et Br sur $SiCl^4$ sous l'action de l'effluve. C'est là un nou-

(¹) *Comptes rendus*, 5 décembre 1910.

veau mode de préparation de ces corps, présentant l'avantage d'éviter la présence des oxychlorures, ce qui peut difficilement être évité par le procédé indiqué autrefois par l'un de nous : action de HBr au rouge sur $SiCl^4$ et où la formation simultanée d'oxychlorures nuisait à la pureté des produits obtenus. Il est vrai que cette fois il faut tenir compte qu'en même temps il se forme (généralement en petite quantité) les chlorures saturés tels que Si^2Cl^6, Si^3Cl^8, etc.; mais le premier d'entre eux bout déjà à une température (146°) sensiblement éloignée du dernier des chlorobromures de la série $SiClBr^3$ qui bout vers 130°.

Quoi qu'il en soit, voici comment nous avons opéré :

Nous avons fait un mélange de chlorure de silicium et de brome sec dans les proportions $SiCl^4 + 2Br$ et nous l'avons entraîné par un courant d'hydrogène à travers des tubes à effluves en activité; grâce au voisinage des points d'ébullition de $SiCl^4$ et de Br, l'entraînement mixte se fait dans d'assez bonnes conditions; le liquide condensé, fortement coloré par du brome en excès, est repassé plusieurs fois jusqu'à décoloration à peu près complète, puis soumis à des fractionnements qui nous ont permis de faire une très bonne séparation des chlorobromures $SiCl^3Br$, $SiCl^2Br^2$, $SiClBr^3$, le produit intermédiaire étant en quantité prépondérante.

Nous avons alors, dans une première opération, soumis à l'action de l'effluve les vapeurs de $SiCl^2Br^2$ entraînées par de l'hydrogène et nous avons constaté qu'en même temps qu'il y avait condensation, il y avait dédoublement partiel de $SiCl^2Br^2$ d'après l'équation : $2SiCl^2Br^2 = SiCl^3Br + SiClBr^3$.

. Nous avons ensuite soumis à des effluvations répétées l'ensemble des chlorobromures du type SiX^4 obtenus antérieurement, entraînés par de l'hydrogène et nous avons recueilli un liquide noirâtre qui, d'abord simplement distillé sous pression réduite, nous a donné un résidu noirâtre solide et un liquide incolore; ce liquide, qui passe presque en entier à la distillation entre les températures de 150° et 250°, a été soumis à plusieurs fractionnements successifs, mais aucune séparation nette n'a pu être obtenue; du rapprochement des points d'ébullition et des teneurs en chlore et brome correspondantes, nous avons été conduits à admettre que nous avions affaire à un mélange des chlorobromures du type Si^2X^6 qui doivent être au nombre de cinq, mais ces différents termes n'ont pu être séparés d'une façon satisfaisante, sans doute à cause de leur entraînement mutuel et de la trop faible quantité de produit dont nous disposions. Nous n'avions pas d'ailleurs en vue la préparation de ces corps, mais simplement la vérification du sens de la réaction; nous estimons que ce but a été atteint et que, par le mode opératoire précédemment indiqué, on pourra obtenir toute une série de chlorobromures condensés.

L'iode se comporte comme le brome, quand on entraîne ses vapeurs mélangées de $SiCl^4$ par H dans des appareils à effluves, et tandis que les vapeurs entrantes sont fortement colorées, le liquide condensé est parfaitement incolore et renferme des chloroiodures; en même temps il se dégage HCl. Mais la quantité d'iode en nature entraîné dans ces conditions est relativement minime et, pratiquement, il faut y substituer HI. Nous nous contenterons ici de signaler la formation des chloroiodures dans ces circonstances.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action du bicarbonate de potassium sur le chlorure de magnésium et sur les sels solubles de magnésium en général.* Note [1] de M. **Nanty**, présentée par M. H. Le Chatelier.

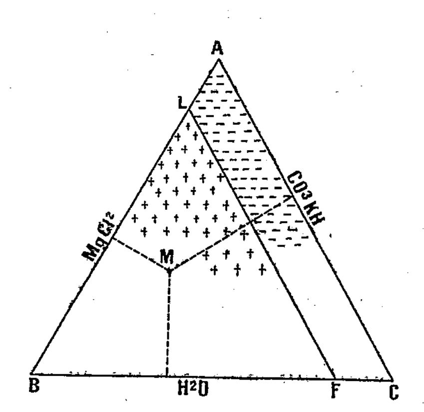
Quand on mêle deux solutions aqueuses de bicarbonate de potassium et de chlorure de magnésium, dans les conditions ordinaires de température et de pression, on constate, au bout d'un certain temps, l'apparition d'un précipité qui peut être du carbonate de magnésium trihydraté $CO^3Mg.3H^2O$ et dans ce cas le précipité demeure toujours identique à lui-même et ne change pas de nature jusqu'à la fin de la précipitation. Ou bien le précipité est un carbonate double de formule $CO^3Mg.CO^3KH.4H^2O$ et alors il arrive souvent, mais non toujours, qu'à ce précipité initial de carbonate double succède, par suite même du changement que subit la composition de la liqueur, un précipité final de carbonate de magnésium trihydraté. La première fraction du précipité est donc $CO^3Mg.CO^3KH.4H^2O$, la dernière portion du $CO^3Mg.3H^2O$ et l'on obtient ainsi un mélange indéfiniment stable de carbonate double et de carbonate trihydraté.

La production de ces deux précipités est indépendante de la façon dont on fait le mélange des solutions des deux sels, puisque la précipitation ne commence qu'un certain temps après le mélange. Il suffit donc, pour définir les conditions de formation de l'un ou de l'autre précipité, d'établir dans quelles limites peut varier pour chacun d'eux la composition du mélange ternaire générateur. C'est ce que j'ai recherché et, pour traduire graphiquement mes résultats, j'ai employé le mode de représentation indiqué par W. Gibbs pour exprimer la composition des mélanges ternaires.

L'expérience m'a montré que les mélanges susceptibles de donner du

(1) Présentée dans la séance du 20 février 1911.

$CO^3Mg.3H^2O$ sont tous représentés par des points (figurés par les signes —) situés au voisinage du côté AC : ce sont donc des mélanges relativement pauvres en CO^3KH; au contraire les mélanges capables de donner du sel double (figurés par le signe +) sont tous situés dans le reste du triangle.



Voici par exemple une série d'expériences faites avec un poids constant de 5g de $MgCl^2$ dans le but de déterminer la ligne de séparation des domaines de formation des deux sels :

Poids			
de $MgCl^2$.	de CO^3KH.	de l'eau.	Résultats.
5g	1g	96g,5	$CO^3Mg.3H^2O$
5	2	108,2	»
5	3	114,2	»
5	4	120	»
5	5	126	»
5	6	134	Sel double
5	7	141	»
5	8	147	»

Le changement dans la nature du précipité se fait entre les deux mélanges dont la composition centésimale est :

$MgCl^2$... 3,6 pour 100 CO^3KH... 3,6 pour 100 Eau... 92,8 pour 100

donnant du $CO^3Mg.3H^2O$;

$MgCl^2$... 3,4 pour 100 CO^3KH... 4,1 pour 100 Eau... 92,5 pour 100

donnant du sel double.

Ces deux points reportés sur le triangle sont assez rapprochés pour que l'on puisse prendre pour point de la ligne frontière le point équidistant pour lequel CO^3KH a pour valeur 3,85 pour 100.

D'autres séries m'ont donné, pour les deux mélanges voisins entre lesquels se fait le changement de précipité :

$MgCl^2$... 4 pour 100 CO^3KH... 3,8 pour 100 Eau... 92,2 pour 100

donnant du $CO^3Mg.3H^2O$;

$MgCl^2$... 3,6 pour 100 CO^3KH... 4,3 pour 100 Eau... 92,1 pour 100

donnant du sel double.

Le point de la ligne frontière sera le point équidistant pour lequel CO^3KH a pour valeur 4 pour 100.

Autre série :

$MgCl^2$... 13 pour 100 CO^3KH... 3,5 pour 100 Eau... 83,5 pour 100

donnant du $CO^3Mg.3H^2O$;

$MgCl^2$... 12,4 pour 100 CO^3KH... 3,9 pour 100 Eau... 83,7 pour 100

donnant du sel double.

Le point de la ligne frontière a pour valeur 3,7 pour 100 en CO^3KH.

J'ai ainsi déterminé par une série de points cette ligne frontière (LF sur le triangle) entre les deux domaines. C'est sensiblement une droite parallèle au côté AC du triangle; elle correspond par conséquent à une quantité sensiblement constante de CO^3KH dans le mélange. A la température de 15° et sous la pression ordinaire cette proportion est de 3,8 pour 100 de CO^3KH.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés du butylcyclohexane.* Note de MM. G. **Darzens** et H. **Rost**, présentée par M. A. Haller.

Les dérivés butyles du cyclohexane ne sont encore que peu connus malgré l'intérêt qu'ils présentent, tant pour leurs relations avec des dérivés naturels des terpènes que par les caractères spéciaux que le groupe butyle peut leur imprimer.

On connaît le diméthylbutylcyclohexane-1.3.5, préparé par MM. Saba-

tier et Senderens en hydrogénant le butylxylène de Baur [1]; d'autre part, M. Haller a obtenu la méthylisobutylcyclohexanone et la butylmenthone au cours de ses beaux travaux sur l'alcoylation par l'amidure de sodium [2].

Nous avons entrepris l'étude des dérivés butyles tertiaires, mais en suivant une tout autre méthode de préparation.

Elle consiste à hydrogéner, par la méthode de MM. Sabatier et Senderens, le butylphénol ou ses homologues; les hexahydrophénols sont ensuite oxydés en cyclohexanones correspondantes, cétones qui se prêtent enfin à un grand nombre de synthèses.

Nous n'exposerons ici que les premiers résultats relatifs aux trois butyles (tertiaires) phénols de formule

$C^4H^9\langle\ \rangle OH$ (I). $C^4H^9\langle\ \rangle OH$ avec CH^3 (II). $C^4H^9\langle\ \rangle OH$ avec CH^3, CH^3 (III).

dont le dernier, le butylxylénol, n'avait pas encore été préparé; les cétones qui en dérivent nous serviront de point de départ pour des recherches ultérieures.

L'hydrogénation de ces trois phénols par le nickel réduit se fait sans difficulté et avec d'excellents rendements à la condition d'observer quelques précautions : le nickel doit être préparé à une température ne dépassant pas 260° et l'hydrogénation en doit être conduite à basse température sans jamais dépasser 160°. Dans ces conditions la réaction se fait sans complication et il suffit de faire passer le liquide plusieurs fois dans le tube de catalyse pour avoir un rendement presque intégral. On peut en conclure, une fois de plus, qu'il n'y a pas de limite dans l'application de la méthode d'hydrogénation par le nickel réduit aux homologues supérieurs des phénols.

Le parabutylhexahydrophénol est un corps solide blanc à odeur camphrée de cèdre fondant à 83° et distillant à 110°-115° sous 15^{mm}.

La parabutylcyclohexanone préparée par oxydation chromique de l'alcool précédent est un liquide incolore à odeur agréable camphrée, distillant à 106°-109° sous 18^{mm} et à 65°-67° sous 3^{mm}. Elle se combine au bisulfite et donne une semicarbazone fondant à 215°-216°.

Le méthylbutylhexahydrophénol a été préparé en hydrogénant le phénol de la formule (II) qui avait été préparé par Effront et Baur en traitant

(1) *Nouvelles méthodes générales d'hydrogénation et de dédoublement moléculaire par les métaux réduits*, Paris, Gauthier-Villars, 1905.

(2) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 138, p. 1139; t. 140, p. 127.

l'orthocrésol par l'alcool isobutylique en présence de $ZnCl^2$ (1). C'est un liquide épais à odeur de menthe distillant à 101°-103° sous 4^{mm}.

La méthylbutylcyclohexanone correspondante se prépare, avec un rendement de 80 pour 100, par oxydation chromique; c'est un liquide mobile, à odeur de cèdre fruité, qui distille à 118°-122° sous 31^{mm} et se combine au bisulfite de soude.

Cette cétone est isomère de celle qui a été préparée par M. Haller en butylant la méthylcyclohexanone-1.3.

Pour préparer le butylxylénol représenté par la formule (III) nous avons traité par la potasse le butylxylène-sulfonate de potasse dont l'acide a déjà été préparé par Baur (2); voici comment il convient d'opérer :

Dans un mélange de 160^g d'acide sulfurique ordinaire et de 160^g d'acide sulfurique à 50 pour 100 d'anhydride on verse lentement 162^g de butylxylène tout en refroidissant sous un courant d'eau. On laisse reposer le tout pendant 24 heures à la température ordinaire, puis on verse le mélange dans de l'eau additionnée de glace. On neutralise par KOH, le sel de potasse très peu soluble ne tarde pas à cristalliser en paillettes blanches qu'on essore. Ce sel de potasse est ensuite traité par un excès de potasse à une température de 300°; la masse se liquéfie peu à peu et, sur la potasse fondue, il surnage une huile brune constituée par le phénol sodé. Après refroidissement le produit est repris par l'eau, précipité par HCl et épuisé à l'éther. Le butylxylénol ainsi préparé est purifié par un entraînement à la vapeur d'eau. C'est un corps solide blanc, fondant à 75° et distillant à 107° sous 6^{mm}. Les rendements sont de 50 pour 100 à partir du carbure.

Le diméthylbutylcyclohexanol préparé par hydrogénation du butylxylénol est un liquide épais incolore, distillant à 123°-124° sous 22^{mm}.

La diméthylbutylcyclohexanone s'obtient par oxydation chromique avec un rendement de 85 pour 100. C'est un liquide mobile, d'odeur agréable, bouillant à 120°-121° sous 21^{mm} et se combinant au bisulfite de soude.

La méthylbutylcyclohexanone et la diméthylbutylcyclohexanone ne donnent pas de semicarbazone lorsqu'on les traite en solution acétique par le mélange de chlorhydrate de semicarbazide et d'acétate de soude. Cet empêchement stérique est dû aux groupes méthyles en position ortho et a d'ailleurs été déjà signalé dans d'autres cas semblables.

Les trois nouvelles cétones que nous venons de décrire se prêtent avec facilité à un grand nombre de condensations magnésiennes ou zinciques.

(1) EFFRONT, *Berichte*, t. XVII, p. 2324. — BAUR, *Berichte*, t. XXVII, p. 1615. Dans cette préparation il y a isomérisation du groupe isobutyl en butyl tertiaire.

(2) BAUR, *Berichte*, t. XXVII, p. 1607.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés azoïques de la phénylisoxazolone.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. E. Jungfleisch.

J'ai indiqué précédemment (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1767) que le *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone* est dédoublé, sous l'influence du *chlorure de phényldiazonium*, en produisant, en particulier, le *benzolazo-phénylisoxazolone*, décrit par Claisen et Zedel (*D. ch. G.*, t. XXIV, 1891, p. 142).

Ce composé est le seul dérivé azoïque connu de la phénylisoxazolone. Les autres azoïques mixtes du groupe de l'isoxazol, mentionnés dans la littérature, ont été préparés par voie indirecte; ainsi, Knorr et Reuter (*D. ch. G.*, t. XXVII, 1894, p. 1174) ont obtenu le *benzolazométhylisoxazolone* par action de l'acide nitreux sur l'oxime de l'acétylacétanilide; leur procédé a été modifié et généralisé par Schiff (*D. ch. G.*, t. XXVIII, p. 2732; t. XXX, p. 1167). Enfin, tout récemment, l'action de l'hydroxylamine sur les éthers azo-acétylacétiques a fourni à C. Bülow et Hecking une série d'azoïques de la méthylisoxazolone (*D. ch. G.*, t. XLIV, 1911, p. 238).

Je me suis proposé de compléter nos connaissances sur ce sujet par l'étude des homologues du *benzolazophénylisoxazolone*, en suivant le mode opératoire de Claisen et Zedel.

La phénylisoxazolone est dissoute dans un excès suffisant de liqueur alcaline et additionnée d'acétate de sodium. On y verse, à froid, la quantité correspondante d'un sel diazoïque. La copulation s'effectue instantanément, et le colorant, presque pur, se précipite en milieu acétique, avec un rendement quantitatif. On le fait cristalliser dans des solvants appropriés.

Les composés obtenus sont insolubles dans l'eau; leur coloration varie, selon la nature de l'amine diazotée, du jaune clair au rouge foncé. Ils sont solubles dans les alcalis caustiques; la dissolution est facilitée par l'addition d'alcool et par un chauffage modéré; elle s'accompagne d'une variation de la nuance. Par neutralisation, même avec l'emploi du gaz carbonique, le corps primitif se reprécipite sans altération.

Ces composés peuvent être envisagés comme les *hydrazones* de la 4-*céto-3-phénylisoxazolone*-5, encore inconnue, et, dans cette hypothèse, représentés par la formule (I). On peut également les considérer comme des *oxyazoïques* dérivant du *phényl-oxy-isoxazol*, forme tautomère phénolique de la phénylisoxazolone, et leur attribuer alors la constitution (II). Cette

dernière interprétation tient compte des récentes recherches de Auwers (*Ann.*, t. CCCLXXVIII, 1910, p. 218) sur les azoïques de la phénylméthylpyrazolone, et aussi des vues de Bülow et Hecking (*loc. cit*).

```
      C⁶H⁵ — C‖3———4|C = N — NH — R              C⁶H⁵ — C‖————‖C — N = N — R
(I)          ‖      |                     (II)          ‖      ‖
            N‖2    5|CO                                 N\     /C — OH
               \ 1 /                                      \   /
                 O                                          O
```

Pour la dénomination des produits que j'ai préparés, je me conformerai à la nomenclature de Claisen et Zedel, sans autre hypothèse sur la constitution.

Le *métanitrobenzène-azophénylisoxazolone*, $C^{15}H^{10}O^{4}N^{4}$ [F. 200°-201° (déc.)], cristallise dans l'acétone ou le benzène en aiguilles jaune clair; assez soluble dans les solvants usuels, il se dissout en jaune foncé dans $SO^{4}H^{2}$ concentré.

Le *p-nitrobenzène-azophénylisoxazolone*, $C^{15}H^{10}O^{4}N^{4}$ [F. 224-225° (déc.)], forme dans l'acide acétique de fines aiguilles jaune orangé. Il est peu soluble dans l'alcool et se dissout en jaune foncé dans $SO^{4}H^{2}$. Le même composé s'obtient par l'action de l'hydroxylamine libre sur la *p*-nitrophénylhydrazonebenzoylglyoxylique, en milieu alcoolique.

L'*o-toluène-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{13}O^{2}N^{3}$ [F. 151°-152° (déc.)], se présente en fines aiguilles jaune orangé dans le benzène. Il est peu soluble dans l'alcool, le benzène, l'acide acétique; sa solution sulfurique est orangée.

Le *p-toluène-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{13}O^{2}N^{3}$ [F. 177°-178° (déc.)], s'obtient dans l'acide acétique en fines aiguilles jaune orangé. Il est très peu soluble dans l'acide acétique; sa solution sulfurique est orangé foncé.

Le *m-nitro-p-toluène-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{12}O^{4}N^{4}$ [F. 205°-206° (déc.)], se forme dans l'acide acétique en fines aiguilles jaune clair, feutrées; il est très peu soluble dans les solvants usuels et donne une solution sulfurique jaune clair.

L'*o-nitro-p-toluène-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{12}O^{4}N^{4}$ [F. 213°-214° (déc.)], cristallise en aiguilles orangé foncé (acide acétique) et se dissout en orangé dans $SO^{4}H^{2}$.

Le *m-xylène-azophénylisoxazolone*, $C^{17}H^{15}O^{2}N^{3}$ [F. 187° (déc.)], cristallise en belles aiguilles orangées (benzène + alcool); sa solution sulfurique est orangé foncé.

Le *pseudo-cumène-azophénylisoxazolone*, $C^{18}H^{17}O^{2}N^{3}$ [F. 215-216° (déc.)], constitue de belles aiguilles brillantes, rouge clair (benzène + alcool) et se dissout en rouge orangé dans $SO^{4}H^{2}$.

L'*α-naphtalène-azophénylisoxazolone*, $C^{19}H^{13}O^{2}N^{3}$ [F. 172°-173° (déc.)], s'obtient en fines aiguilles brun clair (acide acétique); il se dissout en rouge violacé dans $SO^{4}H^{2}$.

Le *β-naphtalène-azophénylisoxazolone*, $C^{19}H^{13}O^{2}N^{3}$ [F. 202°-203° (déc.)], obtenu dans l'acide acétique, se présente en aiguilles jaune foncé. Ses solutions sulfuriques sont rouge bordeaux.

L'*acide anthranilique-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{11}O^4N^5$ [F. vers 245° (déc.)], se forme dans l'acide acétique en aiguilles jaune clair, solubles en jaune dans SO^4H^2.

L'*acide m-amido-benzoïque-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{11}O^4N^3$ [F. vers 260° (déc.)], s'obtient en aiguilles jaune dans l'acide acétique; sa solution sulfurique est jaune.

L'*acide p-amidobenzoïque-azophénylisoxazolone*, $C^{16}H^{11}O^4N^3$ [F. vers 290° (déc.)], constitue de fines aiguilles jaune clair, solubles en jaune dans SO^4H^2.

La *phényldiméthylpyrazolone-azophénylisoxazolone*, $C^{20}H^{17}O^3N^5$ [F. 196°-197° (déc.)], forme de belles aiguilles rouge rubis dans l'acide acétique; sa solution sulfurique est jaune foncé.

Le *diphényle-disazo-bis-phénylisoxazolone*, $C^{30}H^{20}O^4N^6$ (F. au-dessus de 300°), obtenu dans l'éther benzoïque, est une poudre microcristalline, rouge brique, insoluble dans les dissolvants usuels, se dissolvant en rouge violacé dans SO^4H^2.

BOTANIQUE. — *L'hypothèse du mycoplasma et les corpuscules métachromatiques.* Note de M. J. Beauverie, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait qu'Eriksson, à la suite de belles études sur la propagation de la rouille des céréales, a été logiquement amené à admettre que la maladie se transmet par des germes vivant dans la semence même de l'hôte à un état plasmatique qu'il a appelé *mycoplasma*. Ce point particulier de son œuvre a été très vivement critiqué : la nouveauté de l'hypothèse appelait des vérifications, et il a bien paru que le savant suédois avait été moins heureux dans son étude cytologique qu'en ce qui concerne les autres parties de ses recherches. Le mycoplasma, qu'appelait sa théorie et qu'il a cru retrouver dans les cellules, n'est plus guère admis par les histologistes et nous pensons apporter ici une nouvelle démonstration de ce qu'il y a d'erroné dans l'interprétation qu'a faite Eriksson du contenu des cellules de l'hôte. On sait d'ailleurs maintenant que l'hypothèse du mycoplasma n'est point nécessaire pour expliquer la propagation de la rouille en dehors de l'hôte à cécidies. Il semble, en effet, démontré que les urédospores, capables d'hiverner (Christman, 1905; Mac Alpine, 1901; etc.), ou le mycélium, pérennant dans le cas des plantes vivaces, suffisent à établir la transmission du parasite d'une année à l'autre.

Nous avions entrepris l'étude histologique et cytologique de l'influence du parasite sur l'hôte dans le cas de la rouille du blé, notamment, sans avoir l'idée préconçue de vérifier l'hypothèse en question, lorsque les constatations résultant de nos observations nous entraînèrent dans cette voie.

Des travaux assez récents nous ont fait découvrir qu'il existe dans les

cellules des champignons, notamment, des corpuscules qui se colorent en rouge par les matières colorantes basiques d'aniline, allant du bleu au violet, et qu'on appelle pour cela des *corpuscules métachromatiques*. Ces corps, longtemps méconnus, ont été la cause de beaucoup d'interprétations erronées provenant surtout de ce qu'on les prenait pour des noyaux. Nous avons eu nous même, à plusieurs reprises, l'occasion de les étudier.

Des coupes de feuilles de blé, attaquées au début de la formation des taches de rouille orangée et colorées suivant une technique qui a été déjà souvent exposée [1] (bleu Unna et glycerinæthermischung, généralement), et sur laquelle nous ne pouvons revenir ici, montrent au niveau des régions envahies de nombreux corpuscules métachromatiques, très nets, colorés en rouge, de tailles diverses. Ces corps existent, avec leur aspect et leurs caractères habituels, dans les filaments de champignons où ils forment de petites granulations généralement très fines, souvent accumulées dans des vacuoles; on en retrouve en grande quantité, et de plus forte taille, dans les cellules à chlorophylle, tandis que ces cellules n'en renferment pas de trace dans les parties saines. La formation des corpuscules métachromatiques en dehors du champignon, dans les cellules de tissus parasites, est, croyons-nous, un fait nouveau, au moins chez les végétaux, fait qui nous paraît devoir remettre en question le rôle de ces éléments, à moins qu'il ne soit démontré que ces corps représentent, dans ce cas, le résidu, dans l'intérieur de la cellule, de filaments dégénérés, ce qu'un examen un peu prolongé permettra d'établir facilement.

Voyons maintenant comment nos observations peuvent contribuer à expliquer les faits rapportés par Eriksson. Ce savant dit, dans plusieurs Mémoires : au début de l'apparition des taches on voit dans le reticulum du mycoplasma de petits corps sphériques qui sont entourés par une auréole hyaline; leur taille est variable; il y aurait là des noyaux avec leurs nucléoles. Cette description se rapporte évidemment aux corpuscules métachromatiques, corps essentiellement différents des noyaux cellulaires, et l'argument de la présence de plusieurs noyaux en dehors du noyau de la

---

(1) Nous ne pouvons donner ici de bibliographie, nous indiquerons seulement les Mémoires suivants où l'on trouvera des renseignements concernant l'historique, les caractères et la technique des corpuscules métachromatiques :

Guilliermond, *Les corpuscules métachromatiques ou grains de volutine* (*Bull. de l'Inst. Pasteur*, t. IV, nos 4 et 5, 1906). — Beauverie et Guilliermond, *Étude sur la structure du* Botrytis cinerea (*Ctrlbl. f. Bakteriologie*, t. XV, 1903, p. 275-282 et 311-320). — Beauverie, *Étude histologique et cytologique du* Merulius lacrymans (*Rev. gén. de Botanique*, t. XXI, 1909, p. 449). — Voir aussi Beauverie, *Contribution à l'étude des grains d'aleurone* (*Ann. des Sc. naturelles*, 9e série, p. 147-175, *Pl. III-IV*).

cellule hôte ne saurait être invoqué en faveur de l'existence d'un mycoplasma.

Eriksson a trouvé encore dans les cellules des « corpuscules spéciaux », sortes de masses plasmatiques qui correspondent à d'autres masses plasmatiques allongées intercellulaires; c'est là, selon lui, le mycoplasma qui s'organise en protomycelium. On sait que Klebahn et Marshall Ward ont reconnu qu'il s'agissait de simple suçoirs émis par les filaments mycéliens vers l'intérieur des cellules (suçoirs exogènes). Eriksson, en 1904, convient que ses corpuscules spéciaux sont bien, en effet, des suçoirs mais des suçoirs endogènes : le mycoplasma, en sortant vers les espaces intercellulaires, pour former des filaments, laisserait en place dans la cellule ces sortes de suçoirs. Nos observations nous font adopter entièrement la manière de voir des premiers auteurs. « Quant aux nucléoles plus petits, ajoute Eriksson, ils semblent se dissoudre directement sans que des communications distinctes apparaissent » avec les espaces intercellulaires. Il s'agit toujours ici, pensons-nous, des corps métachromatiques que nous signalions plus haut.

Eriksson signale, dans le stroma qui va produire les urédospores, de « gros granules nombreux » ; nous les y avons retrouvés avec les caractères de beaux corps métachromatiques.

Eriksson, Klebahn, Marshall Ward signalent le fait, qui leur paraît remarquable, de la présence, dans les cellules de certains hyphes, de très nombreux *noyaux* tandis que les cellules des Urédinées sont habituellement mono- ou biénergides. En réalité il ne s'agit point là de noyaux mais toujours de ces corps métachromatiques souvent fort abondants dans les filaments mycéliens.

Enfin Klebahn (1904) figure des hyphes où, à côté d'un gros noyau, se trouvent de très nombreux petits noyaux ; il se demande, non sans émettre un doute marqué, si le gros noyau n'est pas celui de la cellule hôte et s'il n'y aurait pas là un mélange du plasma de la rouille et du plasma de la plante hospitalière au sens où l'entend Eriksson.

L'observation directe nous permet de conclure que l'explication que propose Lotsy (1907) d'après laquelle le gros noyau est le noyau propre de la cellule de l'hyphe, tandis que les petits ne seraient que des corps métachromatiques, est tout à fait conforme aux faits.

En résumé, l'étude cytologique de coupes de feuilles de Blé, atteintes de rouille au début de la formation des taches et pendant la production des Urédospores, nous a conduit aux résultats suivants :

1° Il existe de nombreux corpuscules métachromatiques dans les cellules des hyphes, les auteurs les ont pris pour des noyaux. Il en existe aussi en assez grand nombre, de taille variable, dans les cellules de l'hôte au niveau des taches, il n'y en a jamais au contraire dans les tissus normaux. Les noyaux du prétendu « mycoplasma » d'Eriksson ne sont que ces derniers corpuscules métachromatiques.

Les anciens « corpuscules spéciaux » sont bien des suçoirs au sens où l'entendent Marshall Ward et Klebahn (suçoirs exogènes) et non au sens que leur attribue Eriksson (suçoirs endogènes).

2° Le fait nouveau de la présence des corps métachromatiques dans les tissus parasites, en dehors des hyphes, doit peut-être faire envisager sous un jour nouveau le rôle de ces organites.

BOTANIQUE. — *Sur l'emploi des solutions de potasse à la reconnaissance de la faculté germinative de certaines graines.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En faisant, de diverses manières, des essais de graines de *Lepidium sativum* récoltées en 1888, 1889 et 1893, par comparaison avec des graines de 1909 soigneusement choisies de bonne apparence et des graines de 1909 triées intentionnellement de mauvaise apparence, j'ai été frappé par l'action un peu spéciale des solutions de potasse sur ces graines.

Voici une expérience résumant assez bien les faits observés sur des graines de 1893, des graines de 1909 et de bonne apparence, et des graines de 1909 toutes de mauvaise apparence.

Une série de solutions de potasse avait été préparée en partant de la solution normale N, contenant 56^g de KOH par litre et comprenant 20 termes : N; $\frac{3}{4}N$; $2^{-1}N$; $\frac{3}{4}2^{-1}N$; $2^{-2}N$; $\frac{3}{4}2^{-2}N$; ..., $\frac{3}{4}2^{-9}N$.

Les graines étaient placées sur 3^{cm^3} de solution, dans un petit cristallisoir recouvert d'un verre de montre, à raison de 20 graines par cristallisoir. Cela faisait donc 60 termes et 63 en y ajoutant 3 termes, pour les mêmes graines mises sur de l'eau de source.

J'ai observé que les graines de 1893 ne germent nulle part et qu'il se produit dans les liqueurs potassiques, mais non dans l'eau de source, une coloration jaune d'œuf due à la diffusion d'une matière spéciale qui, si l'on provoque son apparition sur les téguments isolés ou l'amande séparée, est peu sensible dans le premier cas et extrêmement marquée dans le second.

D'ailleurs, je ne m'occuperai pas, en ce moment, de la nature de cette matière.

Les graines de 1909, choisies de bonne apparence, germent dans certaines liqueurs et pas dans les autres; elles colorent certaines solutions et pas les autres. En ce qui concerne la coloration, elle commence à N et s'arrête à une solution que je désignerai par $\frac{1}{m}$ N; quant à la germination, elle s'effectue dans l'eau de source et seulement dans les solutions diluées jusqu'à une certaine concentration $\frac{1}{n}$ N. J'ai remarqué que $\frac{1}{m}$ N et $\frac{1}{n}$ N sont des limites voisines qui feraient dire que les graines qui germent ne diffusent pas de matière colorante et que les graines qui ne germent pas diffusent cette matière colorante. Mais cela n'est pas rigoureusement vrai puisque $\frac{1}{m}$ est un peu plus petit que $\frac{1}{n}$.

Les graines de 1909, triées de mauvaise apparence, se sont conduites, en général, d'une manière comparable à celle des graines de bonne apparence de la même année, mais avec des différences de détail; j'en signale deux. La coloration descend plus bas dans la série, jusqu'à une solution $\frac{1}{p}$ N, telle que $\frac{1}{p}$ est plus petit que $\frac{1}{m}$. Les graines d'un même cristallisoir ne germant pas toutes, le nombre des graines non germées augmente avec la concentration, et la germination cesse à une limite $\frac{1}{n'}$ N, la même que $\frac{1}{n}$ N ou très voisine.

Les deux premières séries montreraient que les graines ayant perdu leur faculté germinative colorent les solutions de potasse et que les graines aptes à germer ne colorent pas ces liqueurs potassiques, au moins au-dessous d'une certaine concentration limite $\frac{1}{m}$ N. La troisième série, qui prévoit le cas de graines fraîches, mais mélangées de bonne apparence et de mauvaise apparence, donne les mêmes résultats en abaissant la limite de $\frac{1}{m}$ N à $\frac{1}{p}$ N. Malgré cela, dans la série considérée des solutions, il y aurait encore 6 ou 7 termes présentant un degré suffisant de sensibilité et utilisables à la reconnaissance des graines pour savoir si elles ont conservé leur faculté germinative ou si elles l'ont perdue.

Si maintenant, avec ces liqueurs potassiques utilisables, la coloration se faisait dans un temps plus court que le temps nécessaire à la germination, en employant ces liqueurs, on réaliserait une économie de temps et l'on tirerait avantage de l'application de cette méthode dans certaines circonstances.

Or, d'après plusieurs essais dans ce sens, la coloration au voisinage de la limite, par les graines de 1893, inaptes à germer, apparaît après moins de 4 heures, alors que la germination des graines fraîches de 1909 ne s'annonce nettement qu'après 20 heures ou plus, dans les mêmes conditions de milieu.

Il y aurait donc avantage, dans certains cas, à employer cette méthode. Je me contente d'en signaler le principe parce qu'il ne s'applique, en ce moment, qu'au *Lepidium sativum;* mais il pourrait peut-être s'appliquer à d'autres plantes, soit avec des solutions potassiques, puisqu'elles sont colorées par d'autres graines, comme je l'ai vérifié pour 18 espèces, soit avec des solutions d'une autre nature.

CYTOLOGIE. — *Cytologie de* Bacillus anthracis. Note (1) de M. **Henry Pénau**, présentée par M. Léon Guignard.

L'incertitude qui plane encore sur la structure des Bactéries endosporées, nous a engagé à reprendre cette étude. Dans une récente Communication, nous avions apporté une contribution à la cytologie du *Bacillus megatherium*; nous allons aujourd'hui entreprendre celle de *Bacillus anthracis*. Cet organisme, cultivé sur gélose saccharosée, a été fixé et coloré, suivant les méthodes que nous avons utilisées pour l'étude de *Bacillus megatherium*.

En vue de suivre l'évolution des différentes formations cytoplasmiques, nous avons effectué un grand nombre de prélèvements, qui nous ont permis par la suite de distinguer cinq stades dans l'évolution :

6^h	12^h 20^h	26^h 28^h 36^h 48^h	60^h 66^h	80^h
I.	II.	III.	IV.	V.

I. *Phase d'indifférenciation cellulaire.* — A la sixième heure, le cytoplasme est dense, basophile. En poussant énergiquement les régressions, on peut noter parfois une structure alvéolaire et, dans quelques éléments, des corpuscules métachromatiques.

A l'aide de colorations à la laque ferrique vigoureusement différenciées dans la solution d'alun de fer, il est également possible d'apercevoir, dans le cytoplasme, des petites traînées sidérophiles granuleuses, ou des amas circulaires, mais plus généralement de forme irrégulière et qui représentent sans doute l'ébauche du noyau futur.

(1) Présentée dans la séance du 27 février 1911.

II. *Phase nucléaire* (12^h, 20^h). — Dans les éléments âgés de 12 heures, le contenu de la cellule apparaît alvéolaire, le cytoplasme forme un mince revêtement pariétal, renforcé aux extrémités, et entourant une ou plusieurs cavités centrales. Le noyau, parfaitement individualisé, se présente sous forme d'un corpuscule homogène, dense, à contours nets et précis, se colorant admirablement et sans exception par tous les colorants nucléaires ; ses dimensions, relativement volumineuses, atteignent presque le diamètre transversal du bacille.

Unique en général, cet organite est situé dans la calotte cytoplasmique de l'une des extrémités bacillaires. Il n'est pas rare de rencontrer des cellules binucléées, et même multinucléées, qui sont le siège d'une fragmentation scissipare, aboutissant à la mise en liberté de tronçons uninucléés. Toutes les fois d'ailleurs qu'une division se produit, chaque élément bacillaire est toujours pourvu d'un noyau. Les réseaux basophiles n'apparaissent pas à ce stade.

III. *Phase réticulée* (26^h, 28^h, 36^h, 48^h). — De la 20^e à la 26^e heure l'aspect morphologique interne se modifie du tout au tout. A première vue, le noyau semble avoir disparu, tandis que le cytoplasme s'est creusé de nombreuses vacuoles, en sorte que la cellule paraît entièrement divisée en logettes subrectangulaires, souvent même juxtaposées sur deux rangées, qui lui donnent un aspect caractéristique. En examinant de plus près les préparations, on s'aperçoit cependant que les trabécules qui délimitent les alvéoles cytoplasmiques prennent les colorants nucléaires. A ce stade, en effet, le noyau est remplacé par un reticulum basophile diffus qui présente dans certains éléments la même structure que celui décrit par nous dans *Bacillus megatherium*. Il existe d'ailleurs une filiation bien nette entre ce reticulum (réseau chromidial, corps central) et le noyau typique appartenant aux cellules du stade II. Il est, en effet, possible de saisir tous les termes de passage entre le reticulum basophile et ce noyau. Celui-ci diminue de volume par une sorte de fonte, tandis que les travées du cytoplasme s'imprègnent de la chromatine diffusée. Le noyau subsiste encore quelque temps sous forme d'un fin granule, en rapport avec le système alvéolaire, puis disparaît. Seul le réseau chromidial subsiste dans la cellule qu'il envahit presque entièrement. Il semble qu'à ce stade, d'ailleurs, la bactérie, consécutivement à une rénovation de son contenu, soit le siège d'une hyperactivité fonctionnelle qui se traduit par l'apparition dans le cytoplasme de corpuscules métachromatiques.

IV. *Phase : Sporogenèse* (60^h, 66^h). — Chez les organismes qui vont sporuler, les processus vitaux se ralentissent, les corpuscules métachromatiques disparaissent. Dans certains éléments, il est d'ailleurs possible de suivre de très près les stades successifs qui aboutissent à la spore. Les tractus basophiles, dont l'ensemble constitue le reticulum, vont se différencier, devenir moniliformes. Cette régression granuleuse des trabécules débute par les travées, qui barrent la cellule transversalement, puis se poursuit activement à la périphérie de l'élément. Les grains basophiles ainsi constitués se rassemblent à l'un des pôles du bâtonnet où ils forment une morula, ébauche définitive de la spore future. Souvent aussi, l'orientation des granules, au lieu d'être unipolaire, est bipolaire : dans ce cas, les extrémités de la bactérie sont occupées par deux amas mûriformes qui fourniront ultérieurement les spores ; l'élément sera par suite bisporé. Dans cette phase qui précède la sporulation, la chromatine fixe avec

intensité les colorants; les bacilles végétatifs s'effacent en effet, pour peu que les régressions soient poussées, tandis que les éléments en voie de sporulation subsistent seuls, observation qui est en accord, d'ailleurs, avec ce qu'on connaît sur la basophilie des noyaux reproducteurs.

V. *Phase : La spore.* — Que la cellule soit uni- ou bisporée, les processus se poursuivent semblablement dans les deux cas. Les contours de la morula basophile vont se préciser. Cet organite va se transformer en un corpuscule ovoïde ou circulaire, à contenu dense et basophile. La jeune spore est constituée. Elle ne tarde pas à grossir, à s'entourer d'une membrane; ses extrémités se cutinisent, tandis qu'elle ne se laisse plus pénétrer par les colorants. C'est la spore adulte. A ce stade, le reste de l'élément entre rapidement en dégénérescence. La spore est désormais libre dans le milieu ambiant.

Le noyau remarquablement typique, mais transitoire, du *Bacillus anthracis* semble donc participer aux phénomènes de divisions actives de la bactérie, à son expansion dans l'espace. Il constitue un noyau trophique; son rôle sous cette forme s'arrête là. Pour que la bactérie puisse poursuivre son évolution dans le temps, une nouvelle formation apparaît, issue du noyau lui-même, qui entre en caryolyse. C'est le reticulum basophile diffus, véritable système idiochromidial, duquel naît la spore. Nous pensons bien, d'après certains indices que nous avons relevés, notamment dans *Bacillus mycoïdes*, que ce mécanisme, si net dans *Bacillus anthracis*, est susceptible de généralisation et peut être appliqué à un certain nombre de bactéries endosporées.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Anomalies de dimensions des oreilles chez les aliénés.* Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une première série de recherches consignées dans les *Bulletins* de la Société d'Anthropologie de Paris (1910), nous avons pu établir la *parité* de la fréquence des stigmates de dégénérescence dans la population française en général et dans le milieu des asiles. Ces stigmates perdent par là même la plus grande partie de leur valeur symptomatologique.

Poursuivant notre étude, nous avons mesuré au moyen du compas de Bertillon les pavillons auriculaires, droite et gauche, de 400 sujets, et cherché si l'asymétrie dans la longueur des pavillons auriculaires (il existe parfois des asymétries de 9^{mm}) pouvant permettre d'être renseigné sur la dégénérescence d'un individu. Les chiffres que nous publions ci-dessous

montrent que ces asymétries n'ont pas grande valeur au point de vue du diagnostic mental. Néanmoins, chez les hommes aliénés, les oreilles sont plus fréquemment asymétriques que chez les sujets normaux et 44 fois pour 100 les oreilles droites sont plus longues que les oreilles gauches. Sur 100 soldats, l'oreille gauche était plus longue que la droite, au contraire dans une proportion sensiblement identique (42 pour 100).

Mais, tant que nous n'aurons pu compléter nos investigations, nous attachons peu d'importance à ce fait curieux qui doit être contrôlé sur de nouvelles séries.

Voici les chiffres obtenus :

	Pour 100			
	femmes normales.	femmes aliénées.	soldats.	aliénés.
Oreilles droites et gauches de longueur égale....	34	32	35	20
Oreille droite plus longue que la gauche	23	26	23	44
Oreille gauche plus longue que la droite.........	45	42	42	36
Oreille de longueur égale ou différentes de 0^m,001.	63	59	63	51
Oreille droite plus longue que la gauche de 0,001.	11	10	12	13
» » 0,002.	7	9	5	21
» » 0,003.	0	4	3	7
» » 0,004.	2	1	3	2
» » 0,005.	0	1	0	1
» » 0,006.	1	1	0	0
Oreille gauche plus longue que la droite de 0,001.	18	17	16	18
» » 0,002.	11	14	9	8
» » 0,003.	5	9	8	3
» » 0,004.	6	1	4	5
» » 0,005.	4	1	3	1
» » 0,006.	1	0	2	0
» » 0,009.	0	0	0	1

Le seul résultat positif mais très intéressant qui résulte de cette vaste enquête anthropologique est la *fréquence des grandes dimensions du pavillon de l'oreille chez les aliénés des deux sexes*. Ce fait avait été mis en évidence dans la série de mensurations dont nous avons parlé dans une précédente Communication. Mais il est *rendu tout à fait objectif si l'on prend soin de ranger les oreilles étudiées suivant une sériation à 7 termes* analogue à celle qui est utilisée pour l'enseignement au service d'identité judiciaire de la Préfecture de Police.

La sériation publiée ci-après révèle l'existence de 38 grandes oreilles

sur 100 aliénés contre 21 sur 100 soldats, et 36 petites oreilles chez 100 aliénés contre 53 sur 100 soldats du 104^{e} régiment d'Infanterie.

Sériation à 7 termes de la longueur de l'oreille droite chez l'homme (¹).

	P. de α à 0^{m},050 inclusiv^{t}.	P. de 0^{m},051 à 0^{m},056 inclusiv^{t}.	(P.) de 0^{m},057 à 0^{m},060 inclusiv^{t}.	M. de 0^{m},061 à 0^{m},063 inclusiv^{t}.	(G.) de 0^{m},064 à 0^{m},066 inclusiv^{t}.	G. de 0^{m},067 à 0^{m},070 inclusiv^{t}.	*G.* de 0^{m},071 à 0^{m},076 jusqu'à
Soldats	3	21	29	26	18	2	1
Aliénés	3	13	20	26	24	12	2

Sériation à 7 termes de la longueur de l'oreille droite chez la femme.

Normales ...	22	35	19	17	6	1	»
Aliénées	4	30	30	26	6	4	»

La même sériation indique 22 très petites oreilles sur 100 femmes normales contre 4 sur 100 aliénées de l'Asile de Maison-Blanche.

Si l'on prend comme moyenne de la longueur de l'oreille droite chez l'homme : 0^{m},063, 21 soldats pour 100 seulement ont présenté des dimensions au-dessus de la moyenne alors que 38 aliénés de Villejuif pour 100 présentaient ces grandes dimensions.

Si l'on prend comme moyenne de la longueur du pavillon auriculaire droit chez la femme : 0^{m},056, 43 femmes normales seulement dépassent ce chiffre qui est dépassé au contraire 66 fois pour 100 par les aliénées de l'Asile de Maison-Blanche.

PATHOLOGIE. — *Sur les processus pathologiques aboutissant à la calvitie.* Note de MM. **L. Spillmann** et **L. Bruntz**, présentée par M. Guignard.

On sait que normalement certains leucocytes, après avoir fixé toutes les substances inutiles ou nuisibles à l'organisme, les transportent aux organes excréteurs auxquels ils cèdent les produits dont ils sont chargés (²).

Mais, dans certains cas, les processus physiologiques de transport peuvent

(¹) Dans ce Tableau : P exprime petit, (P) légèrement petit, *P* très petit, suivant M moyen, G grand, (G) légèrement grand, *G* très grand.

(²) Dans cette Note nous faisons allusion à plusieurs travaux antérieurs (*voir* les *Comptes rendus*, 16 et 30 janvier 1911; le *Bull. de la Soc. franç. de Dermatologie*, 2 février 1911, et les *Comptes rendus de la Réunion biol. de Nancy*, 13 février 1911).

être viciés et les globules sont excrétés au dehors (exocytose), soit directement par la peau, soit indirectement par la voie de divers appareils.

L'exocytose peut être complète ou non, mais, toujours, la première réaction épidermique à l'action irritative des leucocytes est marquée par de l'hyperplasie et de l'hyperfonctionnement. Ce fait est naturel, car toute cellule irritée présente une suractivité spécifique. Ainsi, l'épiderme dont le rôle est d'opposer une barrière entre l'organisme et le milieu extérieur, accroît sa résistance en multipliant le nombre de ses cellules dont le fonctionnement exagéré produit l'hyperkératose.

Or, à l'action irritative des globules chargés de produits toxiques, les annexes de l'épiderme (phanères et glandes) réagissent de la même façon. Nous en avons trouvé la preuve dans les travaux publiés par Sabouraud (1901, 1904, 1910) sur les maladies du cuir chevelu.

En effet, au cours d'une calvitie en évolution, Sabouraud a remarqué dans le derme « un plus grand nombre de cellules migratrices qu'à l'état normal ». Or, l'infiltration leucocytaire dermique représente le début d'une exocytose, conséquence d'une hyperleucocytose résultant d'une intoxication.

Si l'intoxication est violente et rapide (infection ou intoxication passagère), les cheveux repoussent immédiatement après leur chute parce que le follicule pileux se régénère et qu'ensuite l'organisme n'est plus intoxiqué. Si l'intoxication est peu marquée et continue (auto-intoxication, états diathésiques), la régénération du follicule toujours soumis à l'action irritative des leucocytes ne s'effectuant plus qu'un nombre limité de fois, la calvitie se constitue.

Quel est le mécanisme de l'action des leucocytes ?

L'action irritative de ces éléments infiltrant le derme du cuir chevelu peut se manifester à la fois par une action sur l'épiderme, les glandes sudoripares et sébacées, et les cellules génératrices du poil.

La réaction de l'épiderme est marquée par de l'hyperplasie et de l'hyperfonctionnement engendrant une affection desquamante (pityriasis). Les squames (pellicules) renferment des leucocytes rejetés au dehors et leur présence coïncide souvent avec la chute des cheveux. Les squames sont prises alors pour une cause de calvitie.

Les glandes sébacées et sudoripares réagissent aussi par hyperplasie et hyperfonctionnement. Les premières fournissent une production exagérée de sébum (séborrhée) également accusée d'engendrer la calvitie. Les secondes donnent l'hyperhydrose si souvent constatée chez les alopéciques.

La réaction des cellules génératrices du poil est moins connue, mais il semble logique de penser que ces éléments (d'origine épidermique) réagissent aux actions irritatives comme toutes les cellules de l'épiderme. Naturellement, les cellules basales considérées engendrent les poils; irritées, leur activité s'accroît, mais au lieu de réagir en exagérant leur mode spécial de fonctionnement, elles répondent à l'excitation comme le font les cellules épidermiques types : elles donnent, en effet, comme on le sait, « *des couches de cellules indifférentes stratifiées* » probablement kératinisées (Sabouraud, Prenant et Bouin, 1911). C'est à la suite de ces phénomènes de dégénérescence du bulbe que les cheveux tombent.

En résumé, *la calvitie évolutive est sous la dépendance d'un état toxique. Ce sont des leucocytes chargés des produits nocifs intoxiquant l'organisme qui, cherchant à s'échapper au dehors au travers du cuir chevelu (région de moindre résistance), irritent en même temps l'épiderme et ses annexes. A l'action des leucocytes, ces formations réagissent par hyperfonctionnement (hyperkératose séborrhée et hyperhydrose) et les cellules génératrices des poils présentent de plus une viciation dans leur mode de fonctionnement normal. Cette viciation aboutit à la production de couches de cellules indifférentes, entraînant par conséquent, grâce à ce mode de dégénérescence du bulbe, la chute des cheveux.*

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *De la possibilité de conserver intactes les agglutinines dans les bactéries qu'on tue par les rayons ultraviolets. Avantage de ce moyen de stérilisation pour préparer les émulsions bactériennes destinées aux séro-diagnostics.* Note de MM. **H. Stassano** et **L. Lematte**, présentée par M. A. Dastre.

De tout ce qui a été publié sur l'*action abiotique* des rayons ultraviolets et de ce qui résulte de nos propres recherches sur ce sujet, il apparaît que ces rayons arrêtent très rapidement la vie des bactéries et des êtres unicellulaires en général, avant que les éléments constitutifs de ces derniers, ainsi que les produits de leur activité (agglutinines, toxines, diastases) soient modifiés sensiblement pour nos moyens d'investigations.

Il est très aisé de reconnaître si les bactéries tuées par les rayons ultraviolets ont conservé la faculté de s'agglutiner en présence de sérum agglutinant spécifique. On peut, en effet, établir immédiatement, et avec la plus grande précision, leur index d'agglutination avant et après qu'elles ont été

exposées à cette lumière. Il n'en est pas de même pour mettre en évidence la conservation du pouvoir des toxines ou des diastases des bactéries irradiées. Cela demande une démonstration beaucoup plus longue et complexe.

Sur différentes émulsions bactériennes (émulsions de bacilles d'Eberth et de plusieurs espèces de bacilles paratyphiques) nous avons fait agir dans des conditions convenables (exposition très rapide, sous une couche très mince de liquide et à l'abri de l'action calorifique de la source lumineuse) les rayons ultraviolets d'une lampe à mercure de Westinghouse-Cooper-Hewitt.

Nous avons fait agir ensuite sur de nombreux échantillons de ces différentes émulsions, prélevés avant et après l'action des rayons ultraviolets, les sérums agglutinants respectifs, à des dilutions de plus en plus fortes, allant jusqu'aux dernières limites de leur efficacité. Pour les bacilles d'Eberth, nous avons employé un sérum antityphique de cheval qui agglutine jusqu'à $\frac{1}{50000}$, et pour les bacilles paratyphiques du groupe B (bacilles de Drigalski, Conradi, Schottmüller, Hurth, etc.) un sérum antiparatyphique agglutinant à $\frac{1}{5000}$.

Nous devons ces deux sérums à l'obligeance de M. Besredka, de l'Institut Pasteur.

A toutes les différentes dilutions de ces sérums avec lesquelles nous avons opéré, les bacilles tués par les rayons ultraviolets ont réagi aussi bien que les bacilles vivants. L'agglutination est devenue seulement visible avec un léger retard dans les échantillons de bacilles irradiés sur les échantillons de bacilles vivants; de même que les amas de bacilles qui se déposent au fond des émulsions tombent un peu plus vite et s'aplatissent un peu plus rapidement dans les émulsions vivantes que dans les émulsions stérilisées par les rayons ultraviolets.

Ce retard est beaucoup plus long, et, parallèlement, la séparation des amas bacillaires et leur déposition au fond des récipients se font avec beaucoup plus de lenteur dans les émulsions de ces mêmes bacilles tués par le chauffage à 58°, pendant 1 heure, ou par l'addition de l'aldéhyde formique à 1 pour 100.

Particulièrement l'aldéhyde formique retarde le phénomène de l'agglutination et rend les bacilles moins sensibles à l'action des sérums agglutinants respectifs.

Nos nombreux essais comparatifs nous permettent donc, ce nous semble, d'affirmer que les rayons ultraviolets peuvent tuer les bactéries sans altérer sensiblement leurs agglutinines et que ce moyen de stérilisation offre un avantage réel sur les autres moyens de stérilisation employés couramment dans les laboratoires, notamment dans la préparation des émulsions bactériennes destinées aux séro-diagnostics.

ENTOMOLOGIE. — *Les variations du régime alimentaire chez les Coléoptères xylophages de la famille des Bostrychides. Parallélisme du régime chez les Bostrychides et les Scolytides adultes.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Coléoptères de la famille des Bostrychides sont des xylophages dans la plus entière acception du terme. Aussi bien à l'état adulte qu'à l'état de larve, ils se nourrissent d'une façon normale des tissus ligneux des végétaux, ce dont il est facile de s'assurer en recueillant leurs excréments au moment de la défécation et en les soumettant à l'examen microscopique, ou bien en examinant le contenu de leur tube digestif. Le bois abattu ou mort sur pied, plus ou moins desséché et n'ayant pas subi d'altération, est celui qu'ils recherchent, à la condition que ce bois ne soit pas coupé d'ancienne date ni mort depuis longtemps. C'est ainsi que, dans les régions tropicales, les bois d'œuvre sont très souvent mis hors d'usage au bout de peu de temps par les Insectes dont nous parlons.

Les Bostrychides sont loin d'être exclusifs dans le choix de leurs plantes nourricières et l'on ne peut considérer aucun d'eux comme exclusivement inféodé à une essence spéciale [1]. Toutefois, ils recherchent particulièrement le bois des plantes ligneuses appartenant à certains groupes botaniques comme les Mimosées et les Bambusacées, et diverses autres essences telles que la Vigne et le *Ficus carica* L. Par contre, il est une famille entière, celle des Salicinées, qui semble échapper à leurs attaques.

Ce qui met en évidence de la façon la plus frappante la polyphagie de ces Insectes, c'est qu'on peut observer les mêmes espèces associées dans des milieux nutritifs très différents, par exemple l'*Heterobostrychus brunneus* Murr. et le *Dinoderus minutus* F. se développant côte à côte dans le bois des Bambous [2] ou bien dans les tubercules desséchés des Patates [3]. Les

[1] Cf. P. Lesne, *La distribution géographique des Coléoptères bostrychides dans ses rapports avec le régime alimentaire de ces Insectes. Rôle probable des grandes migrations humaines* (*Comptes rendus*, 1er avril 1901). Nous avons fait remarquer, dans cette Note, que, par une double exception, les *Stephanopachys* sont exclusivement phléophages et qu'ils se développent seulement sur les Abiétinées, alors que tous les autres Bostrychides se nourrissent normalement du bois des végétaux angiospermes.

[2] D'après les échantillons de bois attaqués rapportés du Mozambique par Sir John Surcouf.

[3] D'après des échantillons de Patates attaquées provenant de la Guinée française et communiqués par M. Ed. Fleutiaux.

Bostrychides abandonnent parfois, en effet, leurs habitudes xylophages pour se jeter sur les réserves féculentes amassées par certains végétaux dans leurs tubercules souterrains. Mais ce fait ne paraît se produire qu'à la faveur d'une intervention de l'Homme, lorsque les tubercules en question ont été partiellement mis à nu et qu'ils ont subi une dessiccation à la suite d'un défrichement par incendie (tubercules de *Smilax* observés par E.-A. Schwarz, 1888) ou bien lorsqu'ils ont été extraits du sol et emmagasinés (tubercules des Patates, du Manioc, de divers *Smilax*). Dans les conditions normales, ils restent à l'abri des attaques des Bostrychides.

D'autres organes de réserves sont également la proie de ces Insectes. Dans les contrées tropicales et subtropicales, les provisions de graines de céréales (blé, riz, mil) sont souvent infestées par une espèce cosmopolite de petite taille, le *Rhizopertha dominica* F. qui arrive à évider complètement les grains [1]. Dans l'Amérique centrale, le *Prostephanus truncatus* Horn. joue aussi, à l'occasion, un rôle analogue bien qu'étant normalement xylophage comme le *Rhizopertha*. Dans ce cas, l'adulte seul est spermophage; la larve n'a jamais été rencontrée dans les graines de Graminées, réduits sans doute trop exigus pour suffire à son développement. Ici encore, l'industrie humaine paraît avoir été la cause de la déviation du régime.

Une autre particularité du régime des Bostrychides, particularité également propre à l'adulte, a, sans doute, une origine toute différente. Dans certaines conditions, non encore définies, les adultes des deux sexes entament les jeunes pousses pleines de vigueur et les rameaux vivants des plantes ligneuses, et pénètrent à leur intérieur en y creusant un canal longitudinal; mais ils ne leur confient pas leur progéniture. Le fait est bien connu chez le *Schistoceros hamatus* F. [2], de l'Amérique du Nord. Il a été observé aussi chez d'autres espèces telles que les *Schistoceros cornutus* Pall. et *Tetrapriocera tridens* F., de l'Amérique centrale (E.-A. Schwarz, 1888) et chez les *Apate monachus* F. et *A. terebrans* Pall., de l'Afrique tropicale et des Antilles. Les observations de Camerano (1880, 1881) sur le *Sinoxylon perforans* Schrank attaquant la Vigne en Italie, observations révoquées en doute par A. Dei (1881), ont trait probablement à des faits analogues. Il

---

(1) On a vu la même espèce causer des dégâts importants dans les provisions de « biscuit de mer » (De Léseleuc in *Annuaire entomologique* de Fauvel, année 1878, p. 108).

(2) Cf. P. Lesne, *Revision des Coléoptères de la famille des Bostrychides*, 3e Mémoire, p. 514-517 (*Ann. de la Soc. ent. de Fr.*, année 1898).

est assurément curieux de voir des Insectes, qui sont essentiellement des mangeurs de *bois mort*, se jeter ainsi sur des tissus ligneux en voie de croissance et gorgés de sucs. Il semble qu'un tel changement dans le régime soit attribuable à un retour à des habitudes perdues depuis longtemps par les Bostrychides.

Il est intéressant de constater que la même particularité s'observe chez des Coléoptères d'un groupe tout différent, les Scolytides, qui, eux, sont restés dans la plupart des cas des xylophages de *bois vif ou fraîchement coupé*. Tous les forestiers connaissent les dégâts causés aux Pins par le *Myelophilus piniperda* L. dont les adultes taraudent et font mourir les jeunes pousses, puis vont déposer leurs œufs sous l'écorce du tronc des mêmes arbres. Ce cas n'est pas isolé. G.-A. Poujade a vu au Jardin des Plantes le *Scolytus intricatus* Ratz. creuser les jeunes pousses du Chêne; J. Künckel d'Herculais a recueilli à Saint-Gobain des branches de Frênes hypertrophiées à l'aisselle des rameaux, à la suite des mangeures de l'*Hylesinus varius* F.; nous-même avons observé l'*Hylesinus vestitus* Muls. creusant les plus jeunes pousses du Pistachier (*Pistacia vera*), et le *Phlœosinus thuyæ* Perr. pénétrant dans les ramifications les plus grêles des *Thuyas*, pousses absolument incapables dans l'un et l'autre cas de donner asile aux couvées de ces espèces.

Il existe donc chez les Scolytides comme chez les Bostrychides, un instinct poussant l'adulte à attaquer les jeunes rameaux uniquement pour s'en nourrir. Chez les uns comme chez les autres, il s'agit, selon toute probabilité, d'un retour à des habitudes antérieures. La préférence que les Scolytides phléophages donnent au tronc et aux branches d'un certain diamètre pour déposer leurs œufs, aura été amenée simplement par l'économie de temps et de dépense d'énergie réalisée par le forage d'une galerie de ponte capable de recevoir à la fois une nombreuse couvée sans nuire au développement ultérieur de celle-ci. Chez les Bostrychides, le processus d'origine du régime alimentaire normal est plus obscur et sans doute plus complexe. Mais le rapprochement qui vient d'être fait avec ce qui se passe chez les Scolytides est de nature à éclairer la question.

Les diverses constatations qui précèdent permettent de dégager les conclusions suivantes :

1° Les Bostrychides étant polyphages, la variété de conformation qui s'observe chez ces Coléoptères ne peut s'expliquer par une influence spécifique de l'essence nourricière.

2° Le régime alimentaire des Bostrychides est complexe. A leur régime

normal ou *régime d'état*, auquel ils sont merveilleusement adaptés, ces Insectes surajoutent deux régimes accessoires : l'un s'observant seulement chez l'adulte, lorsqu'il se jette sur les jeunes pousses en voie de croissance ou sur les arbres vivants; l'autre existant tantôt chez l'adulte seul, tantôt également chez la larve, lorsque l'un ou l'autre se nourrissent des réserves féculentes amassées par certains végétaux. Le premier de ces régimes accessoires est d'origine vraisemblablement héréditaire. Le second a le caractère d'un régime adaptatif récemment apparu et lié à l'existence de l'industrie humaine.

BIOLOGIE. — *Néoformations papillomateuses chez une Annélide* (Potamilla torelli *Mlmg*). Note de MM. F. MESNIL et M. CAULLERY, présentée par M. E. Roux.

On connaît des tumeurs dans les diverses classes de Vertébrés ; chez les Poissons, en particulier, on en a signalé des types les plus divers, des bénignes et des malignes. Chez les Invertébrés, on n'a jusqu'ici, à notre connaissance, rien rencontré de comparable. On a cité des proliférations cellulaires anormales sous l'action de parasites, mais elles sont limitées à une certaine multiplication de cellules épithéliales, pouvant revêtir un type spécial, à des proliférations de tissu conjonctif, tout au plus à des sortes de granulomes. Nous signalons ici une réaction d'une nature différente. C'est une prolifération qui, par sa forme, rappelle les papillomes des Vertébrés ; la structure en est différente en ce qu'ici, seul le tissu mésodermique prolifère.

La néoformation en question se produit chez une espèce d'Annélide [1] Polychète de la famille des Sabelliens, *Potamilla torelli*, à l'anse Saint-Martin (près le cap de la Hague). Les dissépiments et le mésentère partagent le cœlome de ce ver en cavités métamériques symétriques, formant autant de paires qu'il y a de segments, et tapissées intérieurement par un endothélium mésodermique à cellules aplaties soutenu par une charpente conjonctivo-musculaire.

Dans quelques-uns de ces compartiments cœlomiques (correspondant

[1] Nous avons observé également un autre exemple de tumeur typique chez un Oursin (*Echinocardium cordatum*) de Wimereux.

chacun à la moitié droite ou gauche d'un segment), le mésoderme prolifère et les parois s'épaississent. Sous l'aspect le plus frappant, on voit des bourgeons digitiformes partant des parois, surtout des parois latérales, se diriger perpendiculairement vers le centre de la cavité. Ils sont constitués par une couche de cellules mésodermiques élevées, assez serrées les unes contre les autres; dans l'axe s'insinue souvent un prolongement de la charpente conjonctivo-musculaire. Ces bourgeons peuvent se ramifier. Ils atteignent parfois la paroi opposée à celle où ils ont pris naissance; ils peuvent rencontrer enfin ceux partis de la paroi opposée et les ramifications s'intriquent dans le centre. Certains de ces bourgeons sont ainsi parallèles aux plans des dissépiments et sur les coupes donnent, s'ils vont de la somatopleure à la splanchnopleure, l'illusion de dissépiments supplémentaires; l'examen de coupes successives permet de rectifier cette fausse interprétation.

Ces formations se rencontrent dans un certain nombre d'individus et, chez chacun d'eux, plusieurs demi-somites, droits ou gauches, distribués sans ordre, sont atteints.

L'ensemble de ces dispositions rappelle un papillome. Quelle en est la cause? La grande majorité des segments modifiés renferment le parasite que nous avons décrit [1] sous le nom d'*Haplosporidium potamillæ*, aux divers stades de son évolution : au début, on n'en trouve qu'un plasmode unique, de petite taille; à la fin, la cavité est en grande partie obstruée par une masse de spores mûres entourée d'une membrane épaisse. Dans le premier cas, les bourgeons sont topographiquement indépendants de l'Haplosporidie; dans le second, le parasite se moule en quelque sorte autour des bourgeons qui semblent le traverser, rapports de contiguïté dus à l'exiguïté de la cavité. Le demi-somite modifié a augmenté alors notablement de volume, fait saillie sur le profil de l'Annélide et se distingue à l'œil nu ou à la loupe. En outre, les régions parasitées ont une teinte spéciale (le parasite est blanc opaque, les bourgeons sont jaune orangé). L'apparence de l'ensemble rappelle donc une tumeur.

Il y a en général parallélisme entre l'évolution du parasite et celui de la prolifération. Nous avons ainsi observé un stade initial où le parasite n'avait que quelques noyaux et où le mésoderme commençait seulement

---

(1) CAULLERY et MESNIL, *Recherches sur les Haplosporidies* (*Arch. Zool. expér.*, 4e série, t. IV, 1905; voir p. 117).

à se modifier. La présence du parasite entraîne toujours la modification du mésoderme ([1]).

Mais nous avons observé aussi un certain nombre de cas de prolifération où, malgré des recherches attentives sur des coupes sériées, nous n'avons pu déceler le parasite.

Deux explications sont possibles : ou le parasite n'est pour rien dans la prolifération, ou il en est la cause, mais il a disparu. C'est cette seconde hypothèse qui a nos préférences, parce que seule elle explique la localisation constante du parasite dans des segments modifiés, et qu'en outre nous avons trouvé dans un segment nettement modifié une masse parasitaire en voie de régression manifeste.

Les deux hypothèses conduisent d'ailleurs à des conclusions intéressantes. Dans la première il s'agirait d'une réaction mésodermique indépendante de la présence de tout agent figuré, au moins reconnaissable sur les préparations.

Dans la seconde, que nous adoptons, elle est déterminée par un Protozoaire, mais paraît capable de continuer même quand l'irritation causée par le parasite a disparu, ce qui rapprocherait ces productions de l'allure des tumeurs proprement dites.

L'Haplosporidie n'est pas le seul parasite cœlomique de la *Potamilla*. Parfois (certaines années plus que d'autres) elle est accompagnée dans les mêmes segments par une levure à asques aciculaires ([2]) dont nous avons également signalé l'existence ([3]), et qui forme souvent des masses considérables autour des plasmodes haplosporidiens.

La réaction papillomateuse n'offre rien de spécial dans ces cas de double parasitisme; nous ne croyons donc pas devoir attribuer à la levure autre chose qu'un rôle adjuvant possible dans sa genèse. *Potamilla* tend à emmurer l'Haplosporidie, tandis qu'elle englobe dans des phagocytes des éléments isolés de la levure, formant ainsi des granulomes comme ceux que pro-

---

([1]) Nous rapprochons de ces faits les observations de Marianne Plehn (2e *Confér. internat. pour l'étude du cancer*, Paris, oct. 1910) qui a décrit, chez un poisson Cyprinide du genre *Leuciscus*, une formation adénomateuse semblant bien due à l'action d'une Myxosporidie du genre *Myxobolus*.

([2]) Forme très voisine des *Monospora* étudiés par Metchnikoff (*Virchow's Archiv.*, t. XCVI, 1884) chez les Daphnies.

([3]) *Assoc. franc. Avanc. Sc.*, Congrès Boulogne, 1899. L'un de nous a observé des formes tout à fait semblables dans les Copépodes pélagiques à Wimereux.

voquent de nombreux parasites chez les Invertébrés. Cette différence accentue le caractère spécifique de la réaction papillomateuse sur laquelle nous avons voulu attirer l'attention.

ZOOLOGIE. — *Sur une Cnidosporidie sans cnidoblaste* (Paramyxa paradoxa, *n. g.*, *n. sp.*). Note de M. **Édouard Chatton**, présentée par M. Yves Delage.

Le nom de *Cnidosporidies*, proposé par Doflein en 1901, désigne l'ensemble des protistes parasites répartis entre les trois groupes des Microsporidies, des Myxosporidies et des Actinomyxidies dont les caractères communs peuvent être résumés ainsi : 1° Dans la spore, une, deux (quatre), ou trois capsules urticantes à filament spiral dévaginable, formant chacune avec sa matrice cytoplasmique nucléée un cnidoblaste. 2° Protégeant le germe, une enveloppe formée de deux ou trois pièces ou valves, ayant valeur cellulaire (cellules valvaires ou pariétales). 3° Unissant les spores entre elles (au moins dans les deux derniers groupes) une masse cytoplasmique nucléée résiduelle, ou corps du pansporoblaste. Cnidoblastes, cellules valvaires et reliquat pansporoblastique sont des éléments purement somatiques qui n'ont point d'équivalent morphologique chez les autres Protistes et qui font considérer les Cnidosporidies comme un groupe parfaitement défini, aussi fermé, aussi homogène, écrivaient récemment Léger et Duboscq, que celui des Infusoires ciliés.

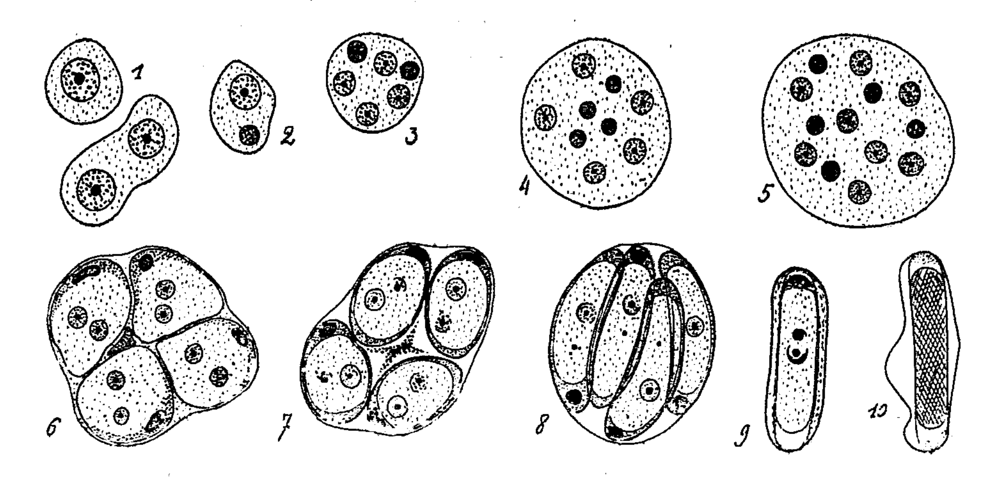
Le parasite qui fait l'objet de cette Note, présente un développement en tous points comparable à celui des autres Cnidosporidies. Mais sa spore est remarquable par l'existence d'une seule cellule pariétale et l'absence de cnidoblaste, ce qui constitue, je crois, une exception unique dans la classe.

Je l'observe depuis plusieurs années, à Banyuls-sur-Mer, dans une larve pélagique d'Annélide polychète, à nombreux métamères, assez commune dans le plancton littoral durant toute la belle saison. Je n'ai pu jusqu'ici identifier cette larve qui ne paraît pas avoir été décrite. Il pourrait s'agir d'un Ophélien. J'en donnerai une description complète dans mon Mémoire définitif.

Bien visible par transparence, *Paramyxa* se présente dans les cellules intestinales sous forme de pansporoblastes à quatre spores fusiformes de 22^{μ} de long sur 6^{μ} de large, groupées parallèlement. Un grand nombre de spores mûres, isolées, se trouvent rejetées dans la lumière intestinale (10). Leur coque est mince, non réfringente, très translucide, en forme de navette, bossue du côté où les spores sont adjacentes dans le pansporoblaste. Le germe cytoplasmique, qui est loin de remplir la coque, est cylin-

drique, arrondi aux deux extrémités qui sont coiffées par deux calottes résiduelles. Sa surface présente deux striations obliquement croisées. L'espace ménagé entre la coque et le germe est occupé par un liquide mucilagineux.

Les stades les plus jeunes du développement ou schizontes sont des éléments uninucléés de 10$^{\mu}$ de diamètre qui se multiplient par scissiparité (1).



Les jeunes sporontes (2) se distinguent de ces schizontes par l'existence de deux noyaux inégaux, l'un vésiculeux, l'autre compact. Ces noyaux se multiplient (3-4) et le sporonte prêt à sporuler possède 8 noyaux vésiculeux et 5 noyaux compacts (5). Il se découpe alors en quatre éléments ou futures spores (6). L'un des noyaux compacts, avec un peu de cytoplasme, demeure à l'état de reliquat pansporoblastique. Dans chacune des futures spores, le noyau compact se place à la périphérie où s'individualise, à partir de lui, une couche cytoplasmique dense qui s'étend peu à peu tout autour de la spore (6). C'est l'ébauche de la cellule pariétale. Pendant ce temps, l'un des deux noyaux vésiculeux régresse (7). La spore devient ovoïde puis fusiforme (8). Le noyau pariétal, lui-même en dégénérescence, occupe l'un des pôles (9). La pellicule de la cellule pariétale se sépare de sa masse cytoplasmique, sauf aux deux pôles, du fait de la sécrétion d'une substance mucilagineuse qui constitue autour du germe une atmosphère protectrice, et qui peut-être favorise sa flottaison.

D'importantes lacunes subsistent encore dans l'étude du cycle évolutif de *Paramyxa*, surtout relatives aux phénomènes sexuels, dont la nature et la place dans le cycle des Cnidosporidies sont d'ailleurs toujours en discussion. Ses affinités avec celles-ci me semblent cependant hors de doute. Sa sporogénèse est à peu près superposable à celle du *Myxobolus Pfeifferi* Thél. étudié très complètement ces dernières années par Keysselitz et par Mercier.

Chez cette Myxosporidie le sporonte, parvenu à un stade à 14 noyaux, en

abandonne deux avec un peu de cytoplasme à l'état de reliquat pansporoblastique, et forme deux spores à six énergides : deux cnidoblastes, deux cellules valvaires et un germe binucléé. Chez *Paramyxa*, il y a quatre spores à trois énergides seulement, dont l'une représentée par l'un des noyaux vésiculeux est en régression avant la maturité de la spore. Ce noyau qui disparaît, au moment même où, dans la spore des Cnidosporidies, se constitue le cnidoblaste, ne doit-il pas être regardé comme l'ébauche avortée de cet élément? C'est actuellement l'hypothèse la plus plausible qu'on puisse faire à son sujet.

Quoi qu'il en soit, *Paramyxa* doit être incorporé à la classe des Cnidosporidies. Si comparable que soit sa sporogenèse à celle des Myxosporidies, cette forme s'écarte de tous les genres actuellement compris dans cet ordre bien homogène, par la structure très spéciale de sa spore. Elle s'en écarte plus que ne le font les Microsporidies, qui leur sont reliées par des genres intermédiaires comme *Coccomyxa*, L. Léger, et *Telomyxa*, Léger et Hesse, plus aussi que les Actinomyxidies, en dépit du développement si complexe et de la haute différenciation somato-générative que Caullery et Mesnil ont fait connaître chez *Sphæractinomyxon Stolci*. A moins qu'il n'apparaisse que *Paramyxa* ne doit son organisation très spéciale qu'à son parasitisme chez un animal pélagique, et qu'elle se relie aux Myxosporidies ou aux Microsporidies normales par une série d'intermédiaires, elle sera appelée à être le type d'un nouvel ordre de Cnidosporidies, les Paramyxidies, équivalant aux trois autres qui constituent actuellement la classe. Et l'introduction d'une forme sans cnidoblaste dans cette classe, jusqu'ici si fermée, en ouvre l'entrée à des organismes comme les *Peltomyces* des Blattes dont la spore est dépourvue d'appareil urticant, mais protégée par une enveloppe de nature cellulaire et que Léger range dans les Mycétozoaires inférieurs, au voisinage des *Plasmodiophora*. C'est un retour partiel vers la conception des Néosporidies que ce savant et Duboscq ont critiquée tout récemment.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de nouveaux gisements triasiques dans la Grèce centrale.* Note de M. **Carl Renz**, présentée par M. H. Douvillé.

Les calcaires gris à *Gyroporelles* et à Polypiers que je viens de découvrir dans les hautes montagnes centrales de la Grèce moyenne sont des calcaires supratriasiques gris de l'aspect ordinaire des Dachsteinkalke alpins, très

répandus dans le massif du Parnasse, et dans lesquels j'ai recueilli, il y a quelque temps, des *Gyroporella vesiculifera* Gümb. et des coraux supratriasiques (par exemple *Thecosmilia clathrata* Emmr.).

Les Polypiers des calcaires gris du Parnasse caractérisent avant tout des calcaires rhétiens, et aussi des calcaires supratriasiques en général. J'ai pu constater l'existence des mêmes calcaires dans les montagnes Katavothra et sur la crête et la cime du mont Vardussia.

Les calcaires supratriasiques sont placés ici dans le noyau du pli anticlinal du Vardussia, dont les flancs inclinés très fortement se composent de formations mésozoïques plus jeunes (entre autres de calcaires à Rudistes) et de Flysch. Les calcaires gris de la cime Vardussia (H. Ilias) renferment surtout des espèces du genre *Spongiomorpha*. Le même gisement m'a fourni des *Gyroporelles*.

Dans les monts Katavothra, le même facies des calcaires gris à Polypiers se trouve aussi dans les gîtes supraladiniens de la zone de Saint-Cassian. J'ai recueilli dans des calcaires gris, entre Mavrolithari et Haghia-Triada, des individus très bien conservés de *Margarosmilia Zieteni* Kl., c'est-à-dire d'une espèce caractéristique des Cassianer-Schichten. Sur la même route, j'ai également observé des *Megalodontes*.

Je veux mentionner encore la présence de calcaires blancs à *Gyroporelles*, dans le Péloponèse central, à la base des Tripolitza-Kalke, par exemple près de Alepochori et au sud du Chan-Bakuri.

Les mêmes calcaires supratriasiques à *Gyroporelles* sont très répandus dans la zone ionienne. Récemment j'ai reconnu ces calcaires à *Gyroporelles*, en Acarnanie occidentale (Xeromeros); ils composent les cimes les plus hautes de ce pays, Bumisto et Hypsili Koryphi. La formation s'étend du Bumisto jusqu'au cap Turko Viglia. Le même facies des calcaires blancs se développe vraisemblablement jusqu'au Lias moyen. Il est surmonté par le Toarcien et le Dogger.

De nouveaux affleurements de Toarcien et de Dogger ont été observés en Acarnanie : 1° au sud-ouest de Zavista et au sud de Kastvitza; 2° sur les routes de Zavista à Actos et Komboti. Le Toarcien se compose de calcaires noduleux rouges et gris avec les faunes déjà citées par l'auteur dans ses publications antérieures. Il en est de même pour les silex à Posidonies et à *Aptychus* du Dogger supérieur (commençant avec la zone à *Parkinsonia Parkinsoni*) et pour la zone à *Harpoceras Murchisonæ*, etc.

Le Toarcien est représenté par des schistes et des silex à *Posidonia Bronni* Voltz, dans les affleurements, près du col Sella (situé au sud du sommet

Hypsili Koryphi, à l'ouest de Hagios Persevos, près de Mixafendi et au sud-est de Vustri). Il présente le même développement qu'au mont Kurkuli, dans l'île de Corfou.

Les silex à Posidonies du Dogger se trouvent à un niveau plus élevé dans ces mêmes localités.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique dans le massif de Kasan-Iaïla* (*Transcaucasie méridionale*). Note de **P.** et **N. Bonnet**, présentée par M. H. Douvillé.

Le Charour-Daralagöz, prolongement du faisceau iranien septentrional Karadagh-Elbourz, est le massif montagneux le plus méridional de la Transcaucasie centrale. Nous avons signalé l'an dernier l'existence du Trias et du Mésojurassique à son extrémité sud-orientale, dans la gorge de l'Araxe près de Djoulfa (frontière russo-persane) (¹). Nous avons pu retrouver cette année, dans le centre même du massif, des formations de même âge : nous les avons observées dans le Soubous-dagh, qui est un rameau d'une altitude moyenne de 2500^m se détachant avec une orientation sud-est de la chaîne du Kazan-Iaïla, arête principale du Daralagöz.

Le Trias est constitué par de grandes épaisseurs de calcaires à plongement Sud-Est. Il se présente, en série renversée, surmonté de calcaires sans fossiles, puis de calcaires carbonifères à *Bellerophon* et *Fusulinelles*, le tout en concordance. Il est exactement semblable à celui qui dans la gorge de l'Araxe constitue la plus grande partie de la rive russe : ce sont les mêmes calcaires généralement marneux, plissotés, se débitant en plaques à surface ondulée, et renfermant les mêmes *Pseudomonotis* du groupe *Ps. Clarai*, analogues à celles des « Subrobustus-beds » de l'Himalaya.

Mais, tandis qu'à Djoulfa ces Lamellibranches ne sont accompagnés que de très rares empreintes d'Ammonites indéterminables, les couches du Soubous-dagh renferment des Ammonoïdés très abondants. En dépit d'une conservation médiocre, leur forme discoïde, leur surface lisse et leurs cloisons de Cératite à selles arrondies et à trois lobes latéraux denticulés permettent de les ranger dans le groupe des Meekocératidés caractéristique du Trias inférieur de la Province Indo-Pacifique.

En raison de la position stratigraphique qu'elles occupent à Djoulfa, et

(¹) *Comptes rendus*, 14 mars 1910.

par les Lamellibranches qu'elles renferment à Djoulfa et au Soubous-dagh, ces couches se placent au moins à un niveau élevé du Trias inférieur; d'autre part, la présence des Meekocératidés du Soubous-dagh interdit de les placer plus haut que le Virglorien inférieur. Ces formations sembleraient correspondre aux *Hedenstroemia-beds* du Werfénien supérieur de l'Himalaya. Par suite, la base du Trias ainsi que le Permien seraient représentés au Soubous-dagh par les calcaires sans fossiles isolant ces couches du Carbonifère, attendu que toute la série, à partir des calcaires à *Fusulinelles*, se présente ici comme à Djoulfa en continuité et concordance.

A la partie supérieure, les Ammonoïdés disparaissent, et l'on trouve des plaquettes de calcaires marneux, couvertes de petits Lamellibranches et Gastéropodes à l'état de moules internes, rappelant tout à fait le facies du Muschelkalk de la Lorraine, de l'Allemagne méridionale et de la Basse Provence : ce sont également les mêmes plaquettes qui, près de Djoulfa (Darachamski-Post), se trouvent au-dessus des calcaires à *Pseudomonotis*.

Le Mésojurassique est de tous points identique à celui que nous avons signalé l'an dernier près de Negram : les mêmes calcaires gris cendré présentent les mêmes formes de *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Oppelia*, *Parkinsonia*, *Cœloceras*, *Perisphinctes*, etc.; on retrouve en particulier *Oppelia subradiata* Sow. et *Phylloceras Deslongchampsi* Brasil (Bajocien supérieur). La faune est constituée presque exclusivement par des Ammonoïdés; quelques Bélemnites les accompagnent. Le nombre des individus appartenant au genre *Phylloceras* est environ quatre fois plus élevé que le nombre total des individus des autres genres d'Ammonites.

Ces calcaires, à même plongement Sud-Est, constituent des mamelons d'étendue restreinte, et, étant donné leur position par rapport au Trias, celui-ci paraît les recouvrir, sans qu'il soit possible de préciser leurs relations stratigraphiques. Toute la série, du Carbonifère au Jurassique moyen, semblerait appartenir au flanc inverse d'un pli couché, à une altitude comprise entre 2000^{m} et 2600^{m}.

Enfin nous avons rencontré également des formations analogues triasiques et mésojurassiques dans le sud du Kazan-Iaïla (Asnaburt), où elles doivent former le prolongement de celles du Soubous-dagh.

On trouve donc, dans le sud de la Transcaucasie, en trois points différents s'échelonnant sur une distance de 75^{km}, et à des altitudes variables, les mêmes formations appartenant à ces deux périodes.

Le géosynclinal paléozoïque, qui se trouvait sur l'emplacement de cette région, subsistait donc au début de l'ère secondaire. Après la formation des

dépôts néritiques de la fin du Paléozoïque, un approfondissement s'y manifeste, et au Trias inférieur s'y accumulent de grandes épaisseurs de formations bathyales. La transgressivité du Trias inférieur se traduit donc ici par les mêmes faits que dans les géosynclinaux de l'Himalaya, de la Salt Range et des Alpes méridionales.

GÉOLOGIE. — *Le Miocène moyen de l'île de Crète.* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Les terrains néogènes prennent une part très importante à la constitution géologique de l'île de Crète. Réunis par Raulin, sous le nom de « terrains tertiaires subapennins », ils forment en réalité un complexe de sédiments marins, saumâtres et lacustres. Les dépôts marins qui en font partie s'échelonnent entre l'Helvétien et le Plaisancien compris. La présente Note est consacrée à l'étude du Miocène moyen (deuxième étage méditerranéen de M. Ed. Suess; Vindobonien de M. Depéret).

Helvétien. — Les formations helvétiennes atteignent leur maximum de développement et de différenciation lithologique, dans le Bassin de Candie, où elles réalisent trois types distincts :

1. L'Helvétien est surtout représenté par des sédiments détritiques : sables, grès, conglomérats et marnes.
2. Par exception, il affecte le facies récifal. On peut lui apporter plusieurs récifs bien conservés, dans le Sud du Bassin (région de Gortyne), et notamment des récifs frangeants.
3. Des calcaires presque exclusivement formés de *Lithothamnium*, et riches en Clypéastres, constituent le troisième facies, spécial à la Messara occidentale.

Sa puissance, très variable, est parfois bien difficile à apprécier, tant la limite de l'Helvétien et du Tortonien est mal définie. Là où l'étage est essentiellement détritique, il mesure plusieurs centaines de mètres.

Dans le district de Rethymo, l'Helvétien figure à l'état de sables et grès riches en *O. crassissima*, avec graviers, conglomérats, calcaires à *Lithothamnium*, calcaires à Operculines, etc.

A l'extrémité occidentale de l'île, sa présence a été reconnue dans la presqu'île de Spadha, sous la forme d'argiles, épaisses de quelques mètres seulement, avec *O. crassissima* de taille énorme.

L'Helvétien existe également à l'est de la Crète, dans le massif de Setia.

Il est vraisemblable qu'une partie ou la totalité des conglomérats qu'il surmonte doivent lui être rattachés.

Tortonien. — Le Tortonien paraît être l'étage le plus important de tout le Néogène de l'île. Dans le Bassin de Candie, où il est le plus typique, il est composé de marnes et de calcaires marneux à *Ancillaria glandiformis*, Pleurotomes, etc. Les marnes sont invariablement bleues ou bleuâtres en profondeur, et jaunes ou blanches à la surface; d'importants amas de gypse, de graviers ou de poudingues leur sont parfois subordonnés. En un point, le Tortonien revêt le facies de l'Helvétien et devient partiellement détritique et récifal. Cette réapparition des Polypiers, avec Clypéastres, à un niveau bien supérieur à celui des récifs de la région de Gortyne, est en tous points comparable à la persistance de la faune helvétienne, dans les calcaires tortoniens de la Leitha, du Bassin de Vienne. J'estime qu'elle est absolument indépendante du facteur température et liée de la façon la plus étroite au variations bathymétriques de la mer. L'étage mesure environ 500^m; au Sud, l'Helvétien et le Tortonien réunis ont en moyenne 800^m de puissance.

A l'Ouest, on retrouve le Tortonien marneux et très fossilifère, dans le Bassin Rhétymo. Aucune trace n'en a été relevée dans la Crète occidentale.

A l'Est, la formation tortonienne se poursuit au sud du Lassiti, où j'ai évalué à 1500^m l'épaisseur totale du Tortonien, et probablement de l'Helvétien resté indéterminé. C'est par suite de l'abondance exceptionnelle des conglomérats, qui forment une masse ininterrompue de 800^m à 1000^m de puissance, que le petit bassin de Malia correspond au maximum de développement du Miocène moyen.

Des marnes bleues et jaunes, associées à diverses roches détritiques, représentent l'étage dans le Bassin de Hiérapetra.

Le Tortonien marneux occupe encore de grands espaces dans le Bassin de Setia où sa puissance continue à s'atténuer. A la partie supérieure de l'étage, les graviers et conglomérats se multiplient de plus en plus. Toute la région est en voie de soulèvement et la grande émersion sarmatique de l'île se prépare.

En résumé, le Tortonien comporte en Crète une très grande variété de sédiments : des dépôts pélagiques marneux, rappelant, d'une manière très frappante, les marnes de Baden et de Tortone; des calcaires essentiellement littoraux à *Lithothamnium* et à Clypéastres, des sédiments détritiques

littoraux (poudingues, grès et sables), des calcaires construits et enfin des produits d'évaporation.

L'Helvétien et le Tortonien de l'île de Crète constituent par leur réunion un groupe sédimentaire doué d'une remarquable individualité, au double point de vue stratigraphique et paléontologique. L'absence de Burdigalien marin, la rareté du Sarmatien, la ligne de démarcation extrêmement tranchée qui sépare le Tortonien du Pontique et la composition de ce dernier étage séparent complètement le Miocène moyen de tous les terrains néogènes de l'île.

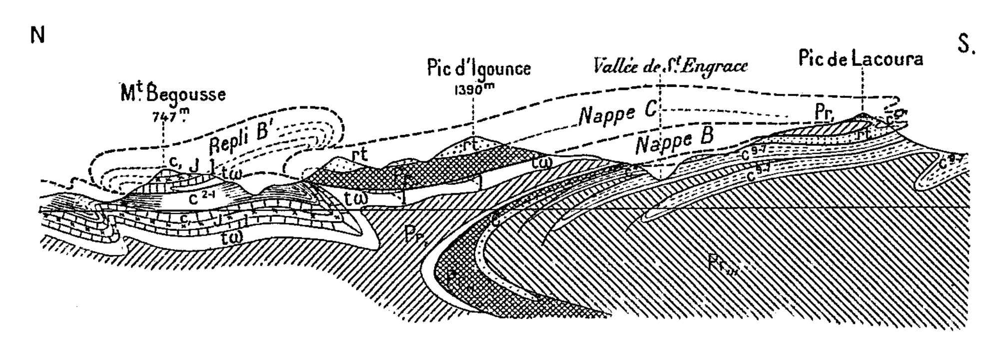
La liaison intime qui existe entre l'Helvétien et le Tortonien, leur distribution géographique, identique dans ses principales lignes, la récurrence de certains facies dans les deux formations font du Tortonien un facies essentiellement vaseux de l'Helvétien, développé sous l'influence de conditions bathymétriques dissemblables, conformément aux vues exprimées par M. Depéret, dès 1895. En d'autres termes, les caractères de l'Helvétien et du Tortonien de l'île de Crète légitiment pleinement leur fusion en un seul et même système : le Miocène moyen (Vindobonien de M. Depéret).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Pyrénées occidentales.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente (séance du 20 février dernier) j'ai montré que les contours de la feuille *Mauléon* de la Carte géologique permettent d'y reconnaître la continuité des nappes nord-pyrénéennes que j'ai décrites plus à l'Est, en indiquant qu'il se pose là, à leur sujet, une question nouvelle. Tandis que les nappes B et C doivent normalement s'enraciner dans la portion de la zone primaire axiale située au nord des premiers témoins de sa couverture méridionale, elles sont là directement superposées, en leur bord sud, au Crétacé supérieur de cette série méridionale. Si ces nappes se sont bien formées par un charriage vers le Nord, ainsi que je l'ai admis, leur disposition actuelle en cette région occidentale ne peut s'expliquer que par un déplacement ultérieur vers le Sud qui les a fait revenir en arrière de leurs racines. L'étude attentive de la feuille de Mauléon permet effectivement de démontrer : 1° *Que la nappe* C *a été charriée vers le Nord par-dessus la nappe* B; 2° *Que toutes deux ont acquis leur disposition actuelle en se repliant ensemble vers le Sud,* comme l'indique la coupe semi-schématique ci-après, tracée suivant la ligne LL' de la carte qui accompagne ma Note

précédente et dans laquelle je n'ai pas voulu préjuger des relations de la nappe B et des séries chevauchantes inférieures A et Z.

Lorsqu'en effet on étudie, sur la Carte géologique, les rapports des nappes B et C, on y reconnaît facilement que les couches secondaires de B sont beaucoup plus plissées que la nappe C, de même que cela a d'ailleurs lieu dans toutes les régions plus à l'Est, et qu'elles portent la trace du charriage de C au-dessus d'elles et vers le Nord. Au bord septentrional des massifs de Mendibelza et d'Igounce, M. Carez a reconnu que ces couches sont habituellement renversées au Nord, et les calcaires liasiques de cette série renversée reposent longuement sur une épaisse masse d'Albien formant le sommet d'un repli inférieur de B (ou peut-être de la série A); cet étirement s'accentue même jusqu'à amener, sur plusieurs kilomètres, le Primaire de C



Pr,, *Pr*,,, *Pr*,,,, terrains primaires anté-permiens des nappes B et C et de la zone axiale; *rt*, poudingues et grès permotriasiques; *tω*, Trias gypseux et ophitique; *l*, Lias; *J*, Jurassique; *c*, Aptien; c^{2-1}, Albien; c^{5-4}, Cénomanien; c^{9-7}, Crétacé supérieur.

Échelle : $\frac{1}{160\,000}$

en contact direct avec cet Albien. Immédiatement au Nord et sur ce même substratum albien, se rencontre une masse indiscutablement charriée du Sud et qui correspond à la charnière et au flanc normal d'un repli B′, principalement formé par les couches de la série B supérieures au Trias et dont le flanc inverse disparu devait évidemment se rattacher à la série renversée qui existe sous le front de la nappe C. Or la vallée de Larrau permet de constater qu'*au-dessous de celle-ci*, la surface de la nappe B est presque entièrement dépourvue des couches supérieures au Trias, et il est naturel de rapprocher ces deux constatations et de penser qu'il y a eu décollement et entraînement des couches en question lors de l'avancée de la nappe C, au front de laquelle elles ont produit le bourrelet marginal B′. Celui-ci a d'ailleurs pu rejaillir quelque peu en arrière sur ce traîneau écraseur, et il peut

arriver que les poudingues permotriasiques de C semblent s'enfoncer au Nord sous une couverture régulière de couches secondaires de la série B. C'est évidemment aussi au trainage de la nappe C sur cette série B qu'on peut attribuer la formation des plis fortement couchés au nord et des étirements décrits par M. Carez, que montre celle-ci dans la montagne de Layens, le plateau d'Ourdinse, le pic Montagnou, etc. lorsque l'érosion de la nappe C l'a mise à nu sur toute sa largeur, à l'est de la terminaison du massif d'Igounce.

Au bord méridional de celui-ci, la profonde érosion de la vallée de Saint-Engrace permet de vérifier ma seconde proposition, car on y peut constater sur la carte que la nappe C rejoint sa racine en profondeur par une lame plus ou moins discontinue et renversée qui s'enfonce au Nord sous la nappe B. C'est ainsi qu'à mon avis on doit expliquer les témoins des poudingues permiens qui existent au sud de Saint-Engrace et aussi les lames des mêmes poudingues et de terrains dinantiens que la feuille de Mauléon indique, au nord de la vallée, entre le Trias et le Crétacé supérieur du substratum. Il en résulte forcément que la nappe B est repliée sur elle-même et *encapuchonnée* dans la nappe C, qu'elle accompagne jusqu'au Pic de Lacoura dans son rejet au Sud; la difficulté, reconnue par M. Carez, de trouver dans le massif d'Igounce l'origine du Gothlandien et de l'Ordovicien qui sont superposés aux poudingues permiens des lambeaux au sud de Saint-Engrace, n'existe plus s'ils appartiennent à la nappe B, comme leur voisin stratigraphique le Dévonien inférieur de Larrau. Cet important rejet des nappes B et C au sud de leurs racines débute sur la feuille de Tarbes : dans son angle Sud-Ouest, se poursuit la masse primaire que j'ai indiquée comme devant être la racine de la nappe C, et elle s'y montre déjà rejetée au Sud. En outre, de nombreux témoins du Trias ophitique de B se rencontrent sur cette racine renversée de C, jusqu'au droit et au pied du Crétacé du Pic de Bazès, premier témoin de la couverture méridionale de la zone primaire axiale. Celle-ci porte aussi la trace de ce rejet dans le coude brusque que font les plis des terrains anciens à l'est de Gazost, au delà duquel ils reprennent leur direction habituelle NW-SE.

Il me semble impossible de séparer ces faits du régime général de chevauchements vers le Sud qui commence à se montrer aux Eaux-Chaudes, où il sort manifestement de dessous les nappes en question, et qui se retrouve dans la lame cénomanienne, avec témoins primaires à sa base, que M. Fournier a signalée au bord sud-ouest du massif de Mendibelza (la nappe C y admet aussi un peu de Cénomanien), entre les poudingues permiens et le

Crétacé terminal. Mais si, dans une première analyse, il est naturel de parler de *mouvements au Sud*, il importe de bien préciser que *ce n'est là que le sens relatif du déplacement des parties superficielles par rapport aux plus profondes*. Lorsque, sur une carte d'ensemble, on examine l'allure des nappes B et C, on constate que leur direction reste remarquablement constante et qu'elle ne porte aucune trace de déviation vers le Sud, corrélative de leur rejet par rapport à leurs racines et de leur renversement sur le Crétacé méridional. La conséquence qui me semble découler de cette constatation est qu'en réalité *ce seraient les racines et le substratum méridional de ces nappes qui se sont avancés vers le Nord au-dessous d'elles*, comme conséquence d'*un enfoncement en profondeur* (Unterschiebung) *de la zone primaire axiale* ou d'une *surcompression profonde* semblable à celle que M. Argand vient de décrire pour les racines des nappes des Alpes Pennines.

Au lieu de devoir faire intervenir deux sens discordants de poussées dans la production des accidents d'âge tertiaire de la tectonique pyrénéenne, *ceux-ci s'expliqueraient ainsi par des degrés divers et des phases successives de l'action d'une même poussée tangentielle, dont l'effet normal et initial a été la production des charriages nord-pyrénéens*. La formation résultante des chevauchements imbriqués vers le Sud a d'ailleurs pu être facilitée, ainsi que je l'ai indiqué, par la préexistence, dans les terrains primaires axiaux, d'un régime ancien de plis déjetés au Sud.

SÉISMOLOGIE. — *Sur les trois tremblements de terre des* 18 *et* 19 *février* 1911. Note de M. **Louis Fabry**, présentée par M. B. Baillaud.

Le séismographe de l'Observatoire de Marseille, qui indiquait une période de calme depuis le 7 janvier, jour où fut enregistré faiblement le tremblement de terre survenu en Algérie, vient d'être agité dans la soirée du 18 février et la matinée du 19 par trois forts séismes d'origine lointaine.

La première de ces secousses provient d'un centre très éloigné, environ 6000^{km}, et les renseignements qui peuvent s'y rapporter ne nous sont pas encore parvenus. La seconde provient d'un tremblement survenu en Macédoine ; et la troisième d'un tremblement survenu autour de Forli en Italie, près des rives de l'Adriatique.

Les deux premiers de ces séismes ont donné avec beaucoup de netteté le tracé ordinaire comprenant les quatre phases classiques: 1° vibrations à courte période, 2° ondes plus longues d'intensité médiocre, 3° grandes

ondes, 4° partie finale, pendant laquelle le mouvement s'éteint peu à peu. Pour le troisième l'origine étant plus proche de Marseille la durée totale est plus courte et les diverses phases sont moins nettement séparées.

Voici le relevé de chacun de ces séismes :

Premier séisme du 18 février. — Les vibrations courtes commencent brusquement à $18^h 49^m 58^s$ temps de Greenwich, elles conservent leur intensité pendant 5 minutes puis faiblissent beaucoup. A $18^h 57^m 9^s$ commence la seconde phase, qui se poursuit jusqu'à $19^h 10^m 9^s$. A ce moment commencent les grandes ondes lesquelles restent intenses jusqu'à $19^h 16^m 9^s$; elles faiblissent alors peu à peu et disparaissent vers $20^h 0^m 0^s$. L'amplitude des grandes ondes est sur les feuilles de 1^{cm} pour chaque composante ; l'amplification est de 80 environ.

Second séisme du 18 février. — Les vibrations courtes commencent à $21^h 38^m 7^s$, elles durent $2^m 40^s$ puis se prolongent mélangées à des ondes plus longues, ce qui constitue la seconde phase du phénomène, laquelle dure de $21^h 40^m 47^s$ à $21^h 42^m 20^s$. A ce moment commencent les grandes ondes qui restent intenses jusqu'à $21^h 47^m 52^s$; elles faiblissent ensuite peu à peu et disparaissent vers $22^h 2^m 0^s$.

L'amplitude des grandes ondes est de 1^{cm} comme pour la première secousse.

Séisme du 19 février. — Les vibrations courtes commencent faiblement à $7^h 19^m 25^s$, elles augmentent un peu d'intensité et durent jusqu'à $7^h 20^m 18^s$. A ce moment les ondes deviennent plus intenses et prennent une période plus longue ; elles atteignent leur maximum d'amplitude de $7^h 21^m 0^s$ à $7^h 22^m 0^s$, puis faiblissent et disparaissent vers $7^h 25^m 0^s$.

Pour ce séisme l'amplitude, plus faible que pour les deux autres, atteint seulement 2^{mm}.

M. **Élie Antoine** adresse une Note intitulée : *Perspective sur un plan horizontal.*

(Renvoi à l'examen de M. Ch. Lallemand.)

LEGS FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES PAR M. A.-T. LOUTREUIL.

Avant de clore la séance publique et d'ouvrir le Comité secret, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Contrairement à nos usages, mais étant donnée l'importance du don fait à l'Académie des Sciences par un grand industriel français et un homme de bien, M. Loutreuil, je crois devoir communiquer publiquement à l'Académie les dispositions testamentaires qu'il a prises en faveur de la

Science française, et sur l'acceptation desquelles vous aurez à vous prononcer tout à l'heure en Comité secret.

Parti pour la Russie comme simple employé, M. Loutreuil y transporta les perfectionnements de la culture betteravière de son pays natal, la Normandie; il y créa successivement des fabriques de sucre et de soude, il sut y faire prospérer les mines et s'éleva au rang des plus grands producteurs de l'Europe industrielle tout en répandant généreusement autour de lui ses bienfaits. Voici la partie de son testament qui concerne spécialement notre Académie :

« Je soussigné, Auguste-Tranquille Loutreuil, fils majeur de défunt Jacques-Auguste-Honoré Loutreuil, né à Neuville, près Sées (Orne), domicilié à Paris, actuellement 18, rue de Lisbonne, désire contribuer au progrès des sciences de toute nature, enseignées ou étudiées tant dans divers établissements de haute culture scientifique (autres que les Universités auxquelles j'ai fait un legs spécial) que par des savants et chercheurs libres. Frappé de l'insuffisance de leurs ressources par rapport à celles qui leur sont assurées dans d'autres pays (Allemagne, Belgique, États-Unis), je désire améliorer cette situation, avec l'espoir que mon exemple sera suivi.

» Je ne puis fixer à chacun d'eux une attribution déterminée, ne sachant pas quels seront, dans l'avenir, leurs besoins ni leur valeur respectifs, certains établissements, d'ailleurs, pouvant disparaître et d'autres se créer. *Il me semble donc sage de confier la réalisation de mes intentions à l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, qui résume et représente toutes les branches de la Science, convaincu qu'elle répartira au mieux le montant de ma libéralité.

» A cet effet, je lègue à l'*Académie des Sciences* la somme de trois millions cinq cent mille francs. Cette somme lui sera versée 10 ans au plus après mon décès, par mon légataire universel, sans intérêts jusqu'à cette époque, soit en argent, soit en titres français ou étrangers, fonds d'État ou valeurs industrielles, évalués au cours du jour du versement. Ce délai de 10 ans est un maximum, car j'espère que la liquidation de ma succession sera effectuée plus rapidement; en ce cas, le legs sera payé 6 mois après la clôture de ladite liquidation.

» 1° Le revenu annuel de cette somme sera consacré à encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités), ainsi que par les savants et chercheurs libres, indépendants de ces établissements : le progrès des sciences de toute

nature; la création et le développement de l'outillage des laboratoires; le développement des collections, bibliothèques et publications savantes; les recherches et les voyages scientifiques; la création de cours d'enseignement, et à permettre de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

» 2° L'emploi de ce revenu annuel sera décidé par un Conseil composé : du Président en exercice de l'Académie des Sciences, président; de ses deux Secrétaires perpétuels et de trois membres de cette Académie désignés, pour trois ans, l'un par les Sections des Sciences mathématiques, l'autre par les Sections des Sciences naturelles, le troisième par les Académiciens libres. En cas de partage, la voix du président sera prépondérante.

» La décision de ce Conseil sera préparée par un Comité consultatif, composé d'un représentant, élu pour trois ans, du Muséum d'Histoire naturelle, désigné par ses professeurs; du Collège de France, désigné par ses professeurs de sciences; du Conseil central des Observatoires; du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique; de chacune des Écoles vétérinaires d'Alfort, Lyon et Toulouse, choisi par les professeurs de ces écoles; de l'Institut national agronomique, désigné par ses professeurs. Le Président de l'Académie des Sciences pourra ajouter à cette liste des inventeurs ou savants notoires n'appartenant à aucun établissement, et des représentants d'établissements scientifiques non dénommés ci-dessus. Ce Comité consultatif sera réuni au moins une fois par an par le Président de l'Académie des Sciences. Son avis ne liera pas d'une manière absolue le Conseil défini ci-dessus, qui décidera en s'inspirant des intentions du donateur.

» 3° Dans le cas où tel établissement de haute culture scientifique jugerait immédiatement utile la construction de bâtiments destinés à abriter, soit une collection, soit l'outillage d'un laboratoire de travaux ou recherches scientifiques, et où cette construction ne pourrait être assurée assez rapidement par l'État ou la ville intéressée, le revenu de ma fondation pourra, si le Conseil l'autorise, être affecté, jusqu'à concurrence de un cinquième, à gager un ou plusieurs emprunts contractés par l'établissement intéressé, à l'effet d'assurer cette construction. Dans ce cas, la somme à consacrer annuellement aux emplois visés par l'article premier sera réduite du montant des annuités du ou des emprunts, sans toutefois pouvoir jamais l'être de plus de un cinquième ;

» 4° Le présent legs est subordonné à la condition qu'il sera exempt de tous droits de mutation au profit de l'État, sauf le droit fixe d'enregistrement. A défaut de cette condition essentielle, il serait considéré comme nul et non avenu.

» 5° Le montant du présent legs est susceptible d'être éventuellement réduit, aux termes de la disposition objet de mon codicille spécial en date, au Fayet-Saint-Gervais, du treize du courant mois.

» Fait à Annecy le 15 juillet 1910.

» Signé : A. Loutreuil. »

Codicilles.

« Je soussigné Auguste-Tranquille Loutreuil. . . . . voulant préciser d'une manière formelle ma volonté au sujet des legs déjà faits ou que je pourrai faire ultérieurement, arrête ce qui suit :

» Tous les legs que j'ai faits jusqu'à ce jour et ceux que je pourrai faire ultérieurement sont irréductibles. Il n'en est pas de même des trois legs importants que j'ai l'intention de faire, savoir :

» 1° A la Caisse des recherches scientifiques ;

» 2° Aux Universités de France ;

» 3° A l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

» Si, après acquittement de mes legs irréductibles, l'actif net de ma succession ne suffisait pas pour couvrir entièrement ces trois derniers sus-indiqués, ils seraient réduits au marc le franc proportionnellement à leur importance respective.

» Fait, écrit et signé de ma main au Fayet-Saint-Gervais, le 13 juillet 1910.

» Signé : Loutreuil. »

A 4 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 27 février 1911.

Mission du Service géographique de l'Armée *pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences*, 1899-1906; Tome IX : *Zoologie;* fasc. 1 : *Mammifères*, *Oiseaux*, *Trochilidæ*. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. in-4°.

Les prix Nobel en 1908. Stockholm, Imprimerie royale, P.-A. Norstedt, 1909; 1 vol. in-8°.

Biologische Untersuchungen, von Prof. Dr Gustaf Retzius, Correspondant de l'Institut; neue Folge : XV, mit 21 Tafeln. Stockholm; Iéna, Gustav Fischer, 1910; 1 vol. in-f°. (Hommage de l'auteur.)

Contribution à l'Histoire de la Chimie, à propos du Livre de M. Ladenburg sur l'histoire du développement de la Chimie depuis Lavoisier, par A. Colson. Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

M. Termier présente une série de publications relatives à la *Géologie*, de M. J. Repelin.

Kungliga Vetenskaps Societetens *i Upsala Tvåhundraårsminne*. Upsala, 1910; 1 vol. in-8°.

Howard Taylor Ricketts *y sus trabajos el tabardillo* (Tifo de Mexico). Mexico, 1910; 1 vol. in-4°.

La Machine humaine, par L.-C.-E. Vial. Paris, chez l'auteur, 1911; 1 vol. in-12.

Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France, publiée sous la direction de M. Ernest Olivier; 23e année, 1910. Moulins, Étienne Auclaire, 1910; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 13 février 1911.)

Note de M. *R.-L. Espil*, Sur quelques nouveaux sélénites anhydres :

Page 378, ligne 8, *au lieu de* dans un tube sur l'oxygène chauffé, *lire* dans un tube sur l'oxyde chauffé.

Page 379, lignes 8 et 9, *au lieu de* le sélénite formé se dissout dans l'excès d'un refroidissement lent, *lire* le sélénite se dissout dans l'excès d'anhydride *et cristallise de cette solution par* un refroidissement lent.

Page 379, 4e ligne en remontant, *au lieu de* du sel néodyme qui est rose, *lire* du sel de néodyme qui est rose.

(Séance du 20 février 1911.)

Communication de M. *J. Carpentier*, Sur un sphéromètre modifié par M. Nugues :

Page 423, rétablir ainsi le Tableau :

	Garn. pointes.	Garn. billes.
Flint concave	$85^{cm},78$	$85^{cm},97$
Outil correspondant	$86^{cm},07$	$85^{cm},96$

La détermination directe, par les moyens optiques, du rayon du flint conduisait à un nombre compris entre $85^{cm}.95$, et 86^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MARS 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Bigourdan** présente à l'Académie deux clichés photographiques (un positif et un négatif), reproduisant un portrait de Le Verrier peint à l'huile par *Daverdoing*. Ce portrait se trouve aujourd'hui à l'Observatoire de Poulkovo, dirigé par M. O. Backlund : c'est notre savant Correspondant qui a eu l'obligeance de faire exécuter ces deux clichés, obtenus par les soins de MM. Kostinsky et Tikhoff.

Le tableau de Daverdoing, peint peu après la découverte de Neptune, est, peut-on dire, le seul portrait authentique de Le Verrier, qui, dans la suite, se montra rebelle quand on voulut reproduire ses traits : il n'est resté à Paris que l'esquisse préliminaire faite par le même peintre pour se guider dans le tableau définitif.

L'Académie a eu plus d'une fois l'occasion de célébrer cette gloire de l'Astronomie française; mais aux discours prononcés alors on pourrait aisément ajouter des documents intéressants, comme la lettre écrite par Le Verrier à Galle, etc.; d'ailleurs ces discours n'ont jamais été accompagnés de portraits : M. Bigourdan met ces clichés à la disposition de l'Académie, pour le cas où elle voudrait les faire reproduire; et le moment est des plus opportuns, puisque le centenaire de la naissance de Le Verrier a eu lieu avant-hier, 11 mars.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'altérabilité de l'aluminium.* Note de M. H. Le Chatelier.

La question de l'altération spontanée des objets d'aluminium, fabriqués par emboutissage de tôles minces, a déjà fait l'objet d'études très nombreuses: elle a donné lieu, notamment dans les *Comptes rendus*, à une discussion prolongée entre Moissan et Ditte (1898-1899).

Il y a une quinzaine d'années, M. Ducru, alors chef du laboratoire de Saint-Thomas d'Aquin, avait déjà fait sur ce sujet des observations d'une importance capitale, qui malheureusement ne furent jamais publiées. Il avait reconnu que, dans les plus graves de ces altérations, la désagrégation du métal était accompagnée seulement d'une transformation chimique très faible, quelques centièmes à peine du métal étant oxydés. Enfin, l'examen microscopique des parties en voie d'altération lui permit de reconnaître sur la surface du métal un réseau de petites fissures.

La question a été tout récemment reprise au laboratoire de Grosslichterfeld, à Berlin, par MM. Heyn et Bauer. D'après ces savants, la désagrégation de l'aluminium, sans altération chimique notable, se manifeste seulement sur le métal fortement écroui; un recuit à 450° suffit pour faire disparaître cette altérabilité spéciale.

J'ai eu l'occasion récemment d'examiner des objets de campement à des états d'altération très différents. Les photographies ci-jointes donnent les deux termes extrêmes : un métal complètement sain (*fig.* 1) et un métal complètement désorganisé après quelques mois d'usage (*fig.* 2). Ces photographies, au grossissement de 50 diamètres, ont été obtenues après attaque dans une solution de chlorure de sodium, sous l'action d'un courant électrique de 1 centiampère par centimètre carré, prolongé pendant 1 minute. Les figures 3 et 4 représentent l'état naturel, avant attaque, du métal altéré.

L'échantillon sain (*fig.* 1) présente des taches noires correspondant à des attaques irrégulièrement localisées sur la surface de l'échantillon; au contraire, l'échantillon altéré (*fig.* 2) montre sur toute sa surface un réseau cellulaire continu, analogue à celui de la plupart des métaux cristallisés par fusion ou recuit. Avant l'attaque par le chlorure de sodium, ce réseau n'était visible qu'au voisinage de la surface dans les régions les plus fortement altérées (*fig.* 3 et 4). La désagrégation du métal résulte évidemment, d'après cette photographie, de l'ouverture des joints cellulaires pouvant résulter soit d'une action mécanique, soit d'une action chimique. L'attaque par le

courant de la pile suffit pour provoquer ce décollement en quelques secondes et détacher des grains métalliques qu'on voit flotter dans le liquide. Leur enlèvement laisse à la surface les trous noirs polygonaux visibles sur la figure 2. Leurs contours réguliers montrent nettement qu'ils occupent la

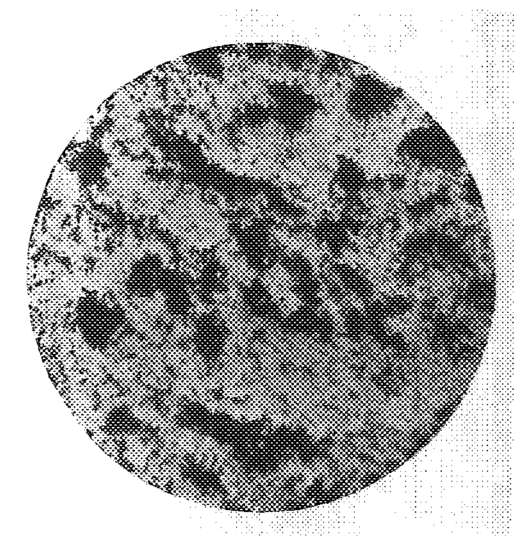


Fig. 1. — Aluminium sain.
Gr. = 100 d.

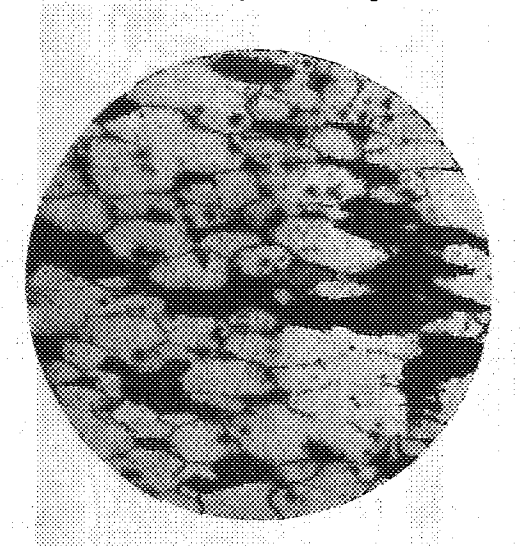


Fig. 2. — Aluminium altérable.
Gr. = 100 d.

place d'anciennes cellules disparues. Quelques cellules colorées en gris sont en voie d'arrachement; elles sont moins brillantes en raison de leur inclinaison par rapport à la surface générale de l'échantillon, qui est éclairé normalement. Un éclairage oblique convenable permet de les faire paraître complètement brillantes pendant que le fond devient au contraire plus sombre.

On voit enfin sur le bord de la lame (*fig.* 3) des grains isolés d'un blanc vif, ayant la forme même des cellules voisines; ils s'étaient détachés pendant l'altération spontanée du métal, puis ont été emprisonnés dans la gomme laque servant à fixer l'échantillon et isolés ainsi électriquement de ces derniers. Aussi, n'ont-ils pas été attaqués sous l'action de la pile, et ils ont conservé tout leur brillant.

Des tentatives, faites au laboratoire pour provoquer la formation de cette structure cellulaire et obtenir ensuite l'arrachement des grains, ont semblé montrer que l'aluminium, renfermant de petites quantités de calcium métallique, devait plus facilement se prêter à la reproduction de cette structure.

Pendant l'attaque par la pile on observe un vif dégagement d'hydrogène sur la lame d'aluminium fonctionnant comme anode. Ce phénomène ne peut résulter de l'action du courant électrique. Il doit provenir de ce que

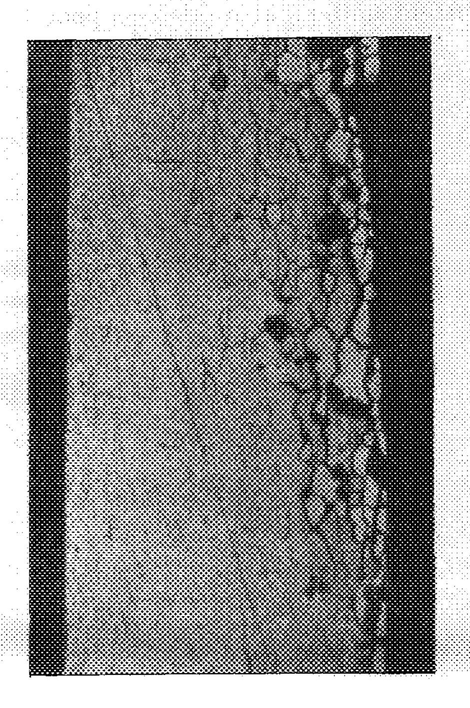


Fig. 3. — Aluminium spontanément altéré. Gr. = 50 d.

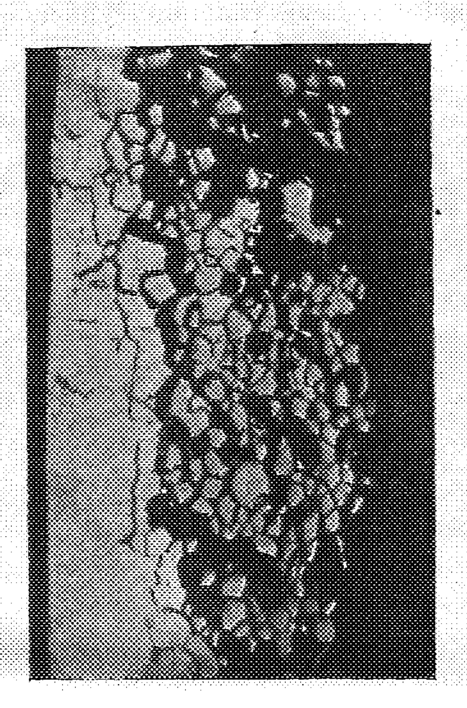


Fig. 4. — Aluminium spontanément altéré. Gr. = 50 d.

l'attaque par le chlore met à nu de nouvelles surfaces de métal qui décomposent l'eau en reformant la couche protectrice infiniment mince d'alumine à la présence de laquelle l'aluminium doit de pouvoir subsister au contact de l'air et de l'eau sans s'attaquer immédiatement.

BOTANIQUE. — *Recherches sur la dissémination des germes microscopiques dans l'atmosphère.* Note de MM. Gaston Bonnier, Louis Matruchot et Raoul Combes.

Dans la plupart des travaux relatifs à la dissémination des germes d'organismes inférieurs dans l'atmosphère, on s'est surtout préoccupé des Bactéries, et très peu de déterminations ont été faites sur les Champignons.

Nous avons entrepris à ce sujet une série de recherches dont nous donnons, dans cette Note, les premiers résultats.

Le mode d'expérimentation que nous avons employé est une modification de celui adopté par Strauss et Wurtz. L'appareil que nous avons fait construire est un vase plat à deux faces parallèles, plus élargi dans sa partie supérieure et dont le contour général rappelle la forme d'un cerf-volant (*fig.* 1). Dans cet appareil, disposé verticalement, on fait passer un nombre déterminé de litres d'air à travers un milieu de culture gélatiné, maintenu liquide et contenu dans la partie inférieure du récipient; l'appareil et son contenu ont été préalablement stérilisés. L'air pénètre dans ce vase par une tubulure supérieure qui se prolonge par un tube vertical jusqu'à la base du récipient; l'extrémité inférieure de ce tube est ouverte et se trouve enchâssée dans un renflement intérieur de la paroi du vase; il résulte de cette disposition que l'air, s'échappant par l'étroit espace circulaire compris entre le renflement de la paroi et le bord du tube, forme des bulles petites et nombreuses qui s'élèvent à travers le liquide gélatiné dans lequel elles abandonnent la presque totalité des germes qu'elles peuvent contenir. L'air qui vient de traverser le liquide s'échappe par une seconde tubulure, située latéralement, à travers un tampon de coton destiné à retenir les germes qui auraient pu échapper au liquide de culture.

Le courant qui traverse l'appareil est provoqué par aspiration à travers la tubulure latérale, d'un nombre déterminé de litres d'air.

Cette partie de l'expérience étant terminée, on obture les deux tubulures à l'aide de tampons de coton stérilisés que l'on protège par des capuchons de verre. Ensuite, les parois de l'appareil, y compris celles du tube central, sont humectées avec le milieu de culture liquide; le tampon de coton intérieur de la tubulure latérale est repoussé dans le récipient et humecté lui-même avec le liquide; enfin, l'appareil est disposé à plat horizontalement. Le volume du milieu de culture employé a été calculé de façon que, lorsque le vase est horizontal, le liquide s'étale en une mince pellicule sur toute sa surface.

Le liquide ainsi étalé se solidifie lorsque le récipient se trouve à une température inférieure à 20°. Cette disposition permet aux organismes de se développer; il est alors possible, non seulement de les dénombrer, mais de suivre leur développement et de les photographier, même lorsque certains d'entre eux ont liquéfié le milieu de culture.

Des photographies, faites à différents stades, permettent de se rendre compte de l'aspect général des diverses colonies. D'autre part, il est pos-

sible d'effectuer des prélèvements par la tubulure latérale dans les appareils où les organismes sont apparus; ces prélèvements sont étudiés immé-

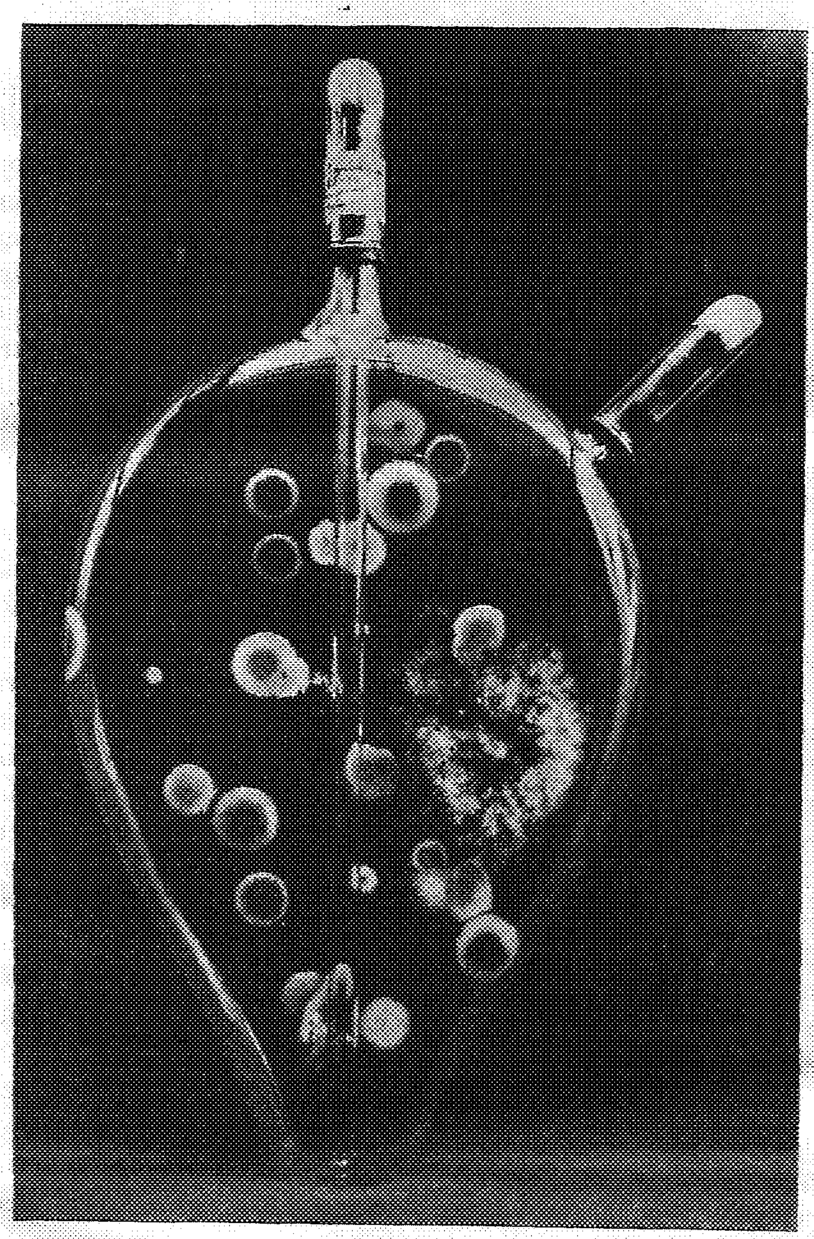


Fig. 1. — Appareil pour l'étude de la dissémination des germes microscopiques dans l'atmosphère. Photographie faite 10 jours après la prise d'air, et montrant l'aspect des colonies développées (moitié de la grandeur naturelle).

diatement au microscope, ou servent à faire des cultures pures isolées de chaque organisme.

Des expériences préliminaires ont été faites en utilisant des milieux de culture variés. Il est en effet très important d'employer dans ce genre de recherches des milieux de culture de compositions très différentes, car tel on tel organisme se développe de préférence sur un substratum plutôt que sur un autre. Des prises d'air ont été effectuées dans une même localité, à des époques différentes de l'année, ou dans des habitats différents à la même époque et à la même altitude. D'autres recherches ont été faites dans les Alpes du Dauphiné à diverses altitudes comprises entre 260^m et 2190^m; enfin, de la neige, récoltée aseptiquement au moment de sa chute, dans les Pyrénées, à des altitudes comprises entre 200^m et 2860^m, a été aussi étudiée au point de vue des germes qu'elle pouvait contenir.

Les résultats généraux de ces premières expériences sont les suivants :

1° *Influence du milieu de culture sur le développement des organismes.* — Les milieux de cultures, essayés pour la recherche des Champignons, ont été les suivants : bouillons de pomme de terre, de carotte, de topinambour, de réglisse, de betterave, de citron, liquide de Raulin. Nous avons employé, comme milieu de culture pour la recherche des Bactéries, un bouillon de viande de bœuf additionné de peptone, de chlorure de sodium et de phosphate de soude.

Les prises d'air faites dans une même localité et à la même époque, dans des conditions atmosphériques semblables, ont fourni, quant au nombre et à la nature des organismes développés dans les appareils, des résultats très différents suivant le milieu de culture employé; c'est ainsi par exemple que, d'une manière générale, les colonies ont été beaucoup plus nombreuses dans les bouillons de carotte, de topinambour et de betterave que dans le liquide de Raulin et surtout que dans les bouillons de réglisse et de pomme de terre; aussi ces deux derniers milieux ont-ils été éliminés dans la suite des recherches.

L'examen des organismes développés a fait voir encore que leur nature est très différente suivant le milieu de culture adopté; toutefois, certains organismes peuvent se développer sur plusieurs milieux.

On jugera par les résultats suivants quelle importance peut avoir le milieu de culture dans ces recherches.

Des prises de 50^l d'air, faites dans une futaie de la forêt de Fontai-

nebleau, ont donné : sur bouillon de carotte, 1804 colonies; de betterave, 336; de topinambour, 204; de citron, o.

Quant à la nature différente des organismes développés dans les divers milieux, on peut s'en rendre compte par les résultats suivants obtenus à la suite de prises de germes faites dans un endroit très découvert des collines rocheuses de la forêt, et dans lesquels nous énumérons les organismes par ordre relatif de fréquence.

Sur le bouillon de carotte se sont développés 18 *Cladosporium herbarum*, 6 *Cladosporium* sp., 4 *Polyactis vulgaris;* dans le bouillon de betterave : 22 *Penicillium crustaceum*, 10 *Hormodendron cladosporoides*, 2 *Fusarium* sp., 2 *Cladosporium herbarum;* dans le bouillon de topinambour : 42 *Penicillium crustaceum*, 4 *Eurotium repens;* dans le bouillon de citron : 22 *Penicillium crustaceum*, 14 *Cladosporium herbarum*, 8 *Fusarium* sp.

En considérant seulement ces deux séries d'expériences, on se rend compte de la nécessité d'employer des milieux divers. En effet, si nous n'avions employé par exemple que le bouillon de citron, nous aurions pu conclure des résultats obtenus que l'air des futaies est très pauvre en organismes, tandis que l'air des régions découvertes est relativement plus riche; la conclusion serait inverse si nous n'avions opéré qu'avec le bouillon de betterave. Cette contradiction apparente s'explique facilement, car dans la futaie l'air est surtout peuplé de germes de levures qui ne se développent pas sur le citron et qui germent facilement sur la betterave; tandis que, dans la région découverte, l'air est surtout chargé des germes des Champignons que nous venons d'énumérer, lesquels se développent aussi bien dans le bouillon de citron que dans le bouillon de betterave.

2° *Influence de la végétation ambiante sur la dissémination des germes.* — Des expériences faites à la même époque ont montré que, pour un même milieu de culture, et à une même altitude, les germes sont en nombre différent et de nature différente, suivant les stations où les prises ont été faites. C'est ainsi que dans une futaie les germes sont beaucoup plus nombreux qu'au milieu de rochers découverts et dépourvus de végétation arborescente. De plus, l'ensemble des colonies développées à la suite d'une prise d'air faite dans la futaie, constitue une flore cryptogamique qui ne ressemble en rien à celle obtenue à la suite de prises d'air faites sur les rochers découverts. Les résultats suivants indiquent les divers nombres de microorganismes développés dans un même milieu et provenant de stations diverses.

I. 22 août 1909. Temps sec. Soleil intermittent. Vent assez fort (comparable dans les trois stations).

	Dans 50¹ d'air. Champignons.	Dans 50¹ d'air. Bactéries.
α. Station éloignée des bois	55	4
β. Station placée près de la lisière de la forêt	88	8
γ. Station située en pleine forêt	3260	13

II. 25 octobre 1909. Temps sec. Soleil à peu près continu. Vent très faible (comparable dans les trois stations). (Seuls les milieux de culture pour Champignons ont été employés.)

	Dans 50¹ d'air. Champignons.
α. Station éloignée des bois	51
β. Station placée près de la lisière de la forêt	120
γ. Station située en pleine forêt	13600

III. 21 novembre 1910. Temps froid, plus ou moins nuageux. Vent d'intensité variable. (Seuls les milieux de culture pour Champignons ont été employés.)

	Dans 50¹ d'air. Champignons.
α. Station située sur des rochers découverts	28
β. Station située au milieu d'une futaie de hêtres	1804

3. *Influence de l'altitude sur la dissémination des germes.* — Les germes de microorganismes sont en général moins nombreux à mesure qu'on s'élève en altitude. C'est ce qu'ont montré les expériences de Pasteur, faites avec des milieux surtout propres au développement des Bactéries; ces résultats ont d'ailleurs été confirmés par d'autres auteurs (Tyndall, Miquel, J. Binot, Fleming) qui employaient aussi des milieux choisis pour le développement des Bactéries.

Au sujet de l'influence de l'altitude, nous avons fait des recherches dans les Alpes du Dauphiné, en employant non seulement des milieux de culture favorables aux Bactéries, mais aussi des milieux favorables aux Champignons. Il résulte de ces expériences que, comme on le sait, la proportion des Bactéries diminue rapidement avec l'altitude. Pour les Champignons, nous avons constaté aussi une diminution avec l'altitude, mais beaucoup plus lente, car l'air est encore le véhicule de leurs spores en assez grand nombre aux altitudes très élevées. C'est ce que montrent les résultats suivants :

Toutes les prises ont été de 50¹ d'air, prélevées dans le Massif des Sept-Laux, par un beau temps fixe, au mois d'août 1909.

	Altitude.	Champignons.	Bactéries.
Furonnières (T. 22°,5 à 25°)	260^m	226	41
Grand Thiervoz (T. 20°,5 à 22°)	1020	184	2
Vallée de Valloire (T. 20° à 23°).............	1125	170	0 (1)
Lacs des Sept-Laux (T. 14°).................	2190	64	0 (1)

Dans les Pyrénées, de la neige a été récoltée, aseptiquement pendant sa chute, à diverses altitudes.

Parmi les résultats obtenus, nous devons signaler la présence de très nombreuses colonies de Champignons développées à la suite d'une prise de neige faite à l'altitude de 2860^m, sur le Pic du Midi.

On peut déduire de l'ensemble de ces premières séries d'expériences les conclusions suivantes :

Le mode d'expérimentation que nous avons adopté permet non seulement de dénombrer les germes dans les divers cas, mais aussi, ce qui est très important, de déterminer leur nature, question qui semble avoir été jusqu'ici presque entièrement laissée de côté.

Pour une même station, et au même moment, les organismes qui se développent à la suite des prises d'air ne sont ni de même nombre, ni de mêmes espèces, suivant que les cultures sont faites dans tel ou tel milieu; il est donc nécessaire d'expérimenter avec des milieux de culture très variés lorsqu'on entreprend ce genre de recherches.

La végétation ambiante influe d'une manière considérable sur la dissémination des germes. Des prises d'air faites à la même altitude, sur le même milieu de culture, et à la même époque, donnent naissance, suivant les stations, à des colonies de nombres très différents. De plus, les flores cryptogamiques obtenues dans ces stations sont également très diverses et paraissent en rapport avec la nature de la station.

Des prises d'air faites à des altitudes variées, toutes les autres conditions étant sensiblement égales d'ailleurs, ont vérifié ce fait déjà connu que la proportion des Bactéries diminue rapidement avec l'altitude; mais, en ce qui concerne les germes de Champignons, la diminution est moins accentuée, et, même aux hautes altitudes, on trouve encore dans l'air de nombreux germes de ces derniers microorganismes.

---

(1) Bien entendu, ce résultat ne signifie pas qu'à cette altitude l'air est complètement privé de germes de Bactéries. Le chiffre 0 indique simplement que, pour 50^l d'air, aucune Bactérie ne s'est développée dans le milieu employé.

Ces premiers résultats nous ont amené à entreprendre, d'une façon systématique, une étude générale sur la répartition, dans l'atmosphère, de ces germes microscopiques dont l'ensemble constitue ce qu'on pourrait appeler le *Plankton aérien*.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Lutte des champs visuels dans le stéréoscope. L'inhibition qui en résulte, même complète, ne nuit en rien à la production des effets de relief et de profondeur liés à la réassociation des images rétiniennes.* Note de M. **A. Chauveau**.

Dans ma Communication du 27 février (*Comptes rendus*, t. 152, p. 481) j'ai montré comment la figure aperçue dans le stéréoscope est exposée aux plus graves altérations de ses aspects, du fait de l'action inhibitrice exercée par un œil sur l'autre, quand, d'une part, les yeux sont naturellement ou artificiellement en possession d'une acuité visuelle notablement différente et que, d'autre part, les deux composantes de cette figure ne sont pas exactement symétriques.

La démonstration de ces effets a été donnée exclusivement pour les représentations de surfaces planes. Avec les représentations de polyèdres, les mêmes effets doivent nécessairement se reproduire, tout au moins lorsqu'on opère dans les mêmes conditions que pour les démonstrations faites avec les surfaces planes. J'ai tenu à m'en assurer dans des recherches spéciales, qui ont abouti aux trois catégories de résultats que je vais faire connaître.

Résultats obtenus avec les constructions stéréoscopiques n° 1. — La figure qui représente ces constructions comprend deux couples :

Le *premier* reproduit celui de la figure 3 de ma première Note sur la matière (t. 153, p. 487), mais avec plus de simplicité. Deux diagonales barrant chacun des deux carrés, constituent les détails symétriques en lutte avec les détails asymétriques du carré droit, qui ont été réduits à un seul système de petits carrés, au lieu de deux.

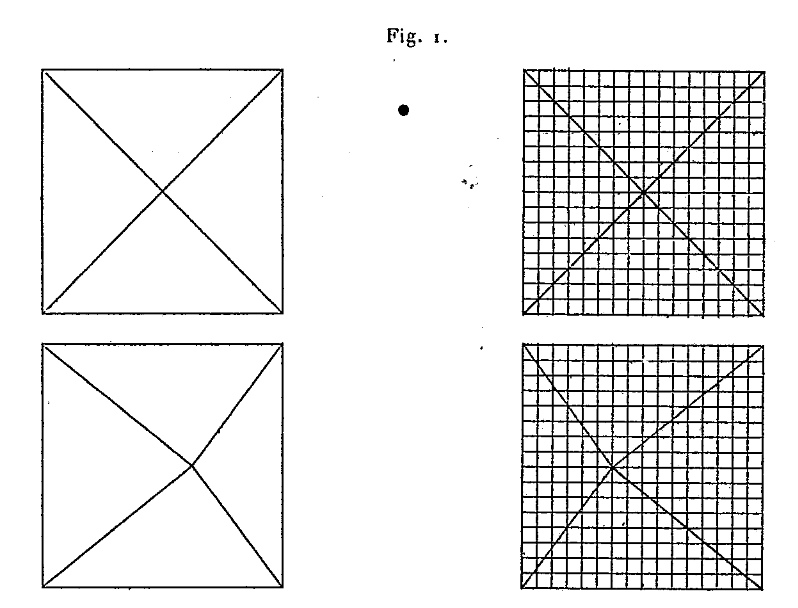
Le *second couple* constitue le pendant parfait du premier. Une seule différence existe entre eux. Aux diagonales, détails symétriques des deux carrés, on a substitué la projection stéréoscopique des quatre faces d'une pyramide quadrangulaire, en saillie, vue par son sommet, faces séparées, dans chaque carré, par quatre traits figurant les quatre angles dièdres de la pyramide.

Or *les deux couples se comportent exactement de la même manière, au point de vue de la production du phénomène de l'inhibition visuelle. Quand le pouvoir de distinctibilité de mon œil droit a été atténué au degré convenable,*

je ne perçois plus dans les deux images fournies par le stéréoscope aucun des détails qui créent l'asymétrie.

Mais cette action inhibitrice n'atteint point la partie symétrique des deux édifices stéréoscopiques. *D'une part, les deux diagonales qui barrent les carrés du premier couple s'enlèvent dans la figure résultante avec la plus grande netteté. D'autre part, les traits disposés, dans le deuxième couple, pour la production d'une pyramide en relief, vue par son sommet, donnent la sensation de la saillie de cette pyramide avec une remarquable vigueur.*

Fig. 1.



Ainsi l'expérience présente nous permet d'assister à la production simultanée de deux faits d'apparences contraires : 1° *l'inhibition de la vue de la presque totalité d'une des moitiés latérales d'une représentation stéréoscopique;* 2° *la collaboration habituelle de ces deux moitiés à la création de la sensation du relief. Mais ces faits contraires ne sont pas contradictoires. Ils se trouvent en parfaite harmonie avec les conditions de leur production. L'inhibition, en effet, n'atteint pas, dans le carré droit, les quelques éléments qui concourent à l'action créatrice exercée par l'ensemble de la construction stéréoscopique. Les deux déterminismes de cette action créatrice et de l'action inhibitrice restent, l'un vis-à-vis de l'autre, dans la plus complète indépendance. Ils ne sont nullement en opposition réciproque.*

Qu'arriverait-il si l'asymétrie résidait dans l'épaisseur même des lignes

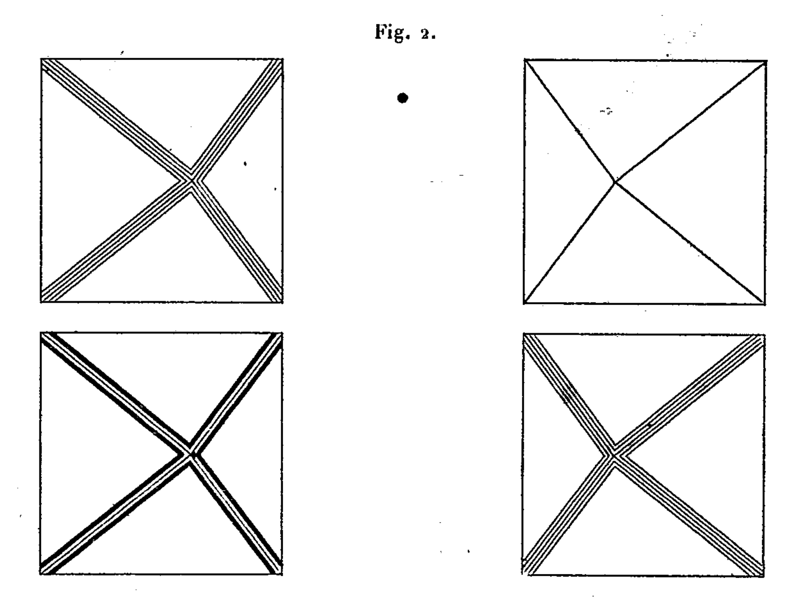
qui dessinent la construction stéréoscopique? C'est ce qui a été recherché dans les études ci-après :

Résultats obtenus avec les constructions stéréoscopiques n° 2. — Les deux couples de la figure 2 représentent, chacun, la même pyramide en saillie, vue par son sommet. Mais l'asymétrie y a été introduite par deux procédés différents.

Dans le *couple supérieur*, à droite, ce ne sont que des traits simples qui limitent les quatre faces de la pyramide. A gauche, la limitation est obtenue par un faisceau de cinq traits simples parallèles.

Dans le *couple inférieur*, les deux constructions ont été d'abord uniformément établies avec le même faisceau de cinq traits fins parallèles. Puis l'une des figures, celle de gauche, a été rendue asymétrique, par la transformation, en un seul trait noir épais, des deux traits fins flanquant de chaque côté le trait médian.

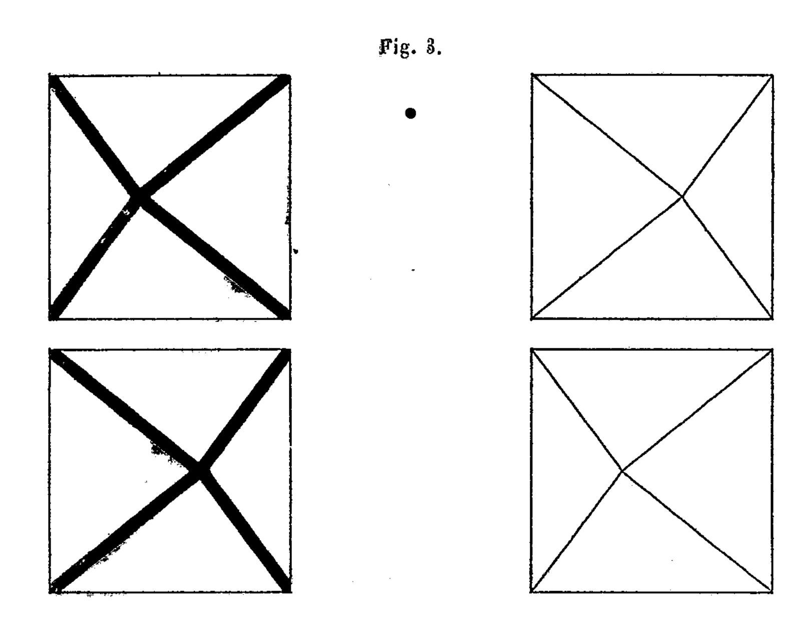
Fig. 2.



Pour tirer de ces deux systèmes les importants enseignements qu'ils sont capables de donner, il convient de les examiner tantôt dans la position droite, c'est-à-dire la position normale que les deux systèmes occupent dans la figure 2, tantôt dans la position renversée, après avoir réalisé, entre les deux yeux, le degré convenable d'inégalité de l'acuité visuelle. Dans la *position droite*, la partie asymétrique de chaque couple est placée devant l'œil dominateur; c'est devant l'œil dominé qu'elle se trouve dans la *position renversée*. Cette inversion ne change rien aux éléments qui se combinent pour faire l'image résultante vue dans le stéréoscope. L'image n'en est pas moins profondément modifiée.

a. Ainsi, *dans la position droite* de l'épreuve, l'image résultante de chacun des deux couples donne la sensation d'une pyramide à puissant relief, avec autant de perfection que si elle résultait de la fusion de deux images symétriques du type de celle qui est devant l'œil gauche. Ce relief s'accentue du fait de la limitation des faces de la pyramide par des angles dièdres épais, formés d'un faisceau de traits fins dans le système supérieur, bordés de gros traits noirs dans le système inférieur.

Fig. 3.



b. En *position renversée*, les deux couples conservent leur aptitude à former de belles pyramides en saillie vues par leur sommet. Mais ces pyramides n'ont plus du tout le même aspect que dans la position droite. Les détails créateurs de l'asymétrie ne s'y montrent plus, au moins dans les points sur lesquels la vue se maintient avec fixité. Ainsi, les faces de la pyramide devenue inférieure ne sont limitées que par un simple trait. Quatre des traits fins de la figure asymétrique ne participent pas à la formation de ces limites. L'inhibition les a fait disparaître. Quant aux limites des faces de la pyramide supérieure, il n'y apparaît rien des gros traits noirs que la figure de l'œil dominé contient dans la représentation des angles dièdres de la pyramide. Ces traits épais ont été supprimés par l'inhibition, comme les quatre traits fins de l'autre couple.

Ainsi, *les faits démontrent que l'asymétrie, même quand elle siège dans*

l'épaisseur des lignes qui dessinent les contours réguliers des constructions stéréoscopiques, y exerce son action inhibitrice.

D'autre part, ces faits prouvent que cette action inhibitrice n'altère en rien l'action créatrice des sensations de relief et de profondeur.

Il est vrai que l'inhibition ne comprend pas, dans les présentes expériences, la totalité de l'épaisseur des lignes qui y sont soumises. Mais cette réserve ne semble plus pouvoir être faite dans le cas suivant :

Résultats obtenus avec les constructions stéréoscopiques n° 3. — Ici il s'agit de deux pyramides différentes : l'une en saillie, vue par son sommet (couple inférieur); l'autre en creux, vue par sa base (couple supérieur).

La combinaison qui a été choisie pour introduire l'asymétrie dans le tracé des limites des faces de chaque pyramide est celle de l'emploi du trait fin pour les figures du côté droit et d'une massive ligne noire pour les figures du côté gauche. Ce sont donc ces dernières qui sont placées devant l'œil dominateur (chez moi, l'œil gauche) quand l'épreuve est examinée en position droite. Après renversement de l'épreuve, les figures à traits épais passent devant l'œil dominé (œil droit) et les figures à trait mince devant l'œil gauche.

Voyons ce qui arrive dans les deux cas.

a. Dans la position droite, c'est-à-dire normale, de l'épreuve, même quand l'acuité visuelle de l'œil droit a été réduite au minimum, *les deux pyramides se dessinent vigoureusement en saillie ou en creux, avec leurs quatre faces encadrées entre d'épais traits noirs, qui en font valoir le relief ou la profondeur.* La collaboration de la très mince ligne qui délimite les figures du côté droit suffit donc, même artificiellement amoindrie, pour communiquer aux gros traits des figures gauches cette grande puissance de création stéréoscopique, du moins quand la différence d'épaisseur n'est pas exagérée.

b. Avec la position renversée des deux systèmes, l'œil droit étant de même amené au point convenable d'abaissement de la faculté de distinctibilité, *les pyramides de ces deux systèmes apparaissent l'une en saillie, l'autre en creux, comme si elles provenaient d'une combinaison absolument symétrique à traits minces. Les épais angles dièdres des figures du côté droit sont entièrement effacés ou, si l'inhibition n'en est pas générale*, elle ne manque jamais de se produire dans les points où se fixe l'accommodation visuelle.

Nouvel et très bel exemple de la coexistence de deux phénomènes dont la provocation simultanée prend toutes les apparences d'une flagrante contradiction. Il semble bien, en effet, qu'en cette occasion, il n'y ait plus trace de collaboration objective du système inhibé à la production des effets sté-

réoscopiques. Si c'était indispensable, il serait facile d'imaginer des hypothèses très plausibles de collaboration virtuelle. Mais pour l'explication des mécanismes qui fonctionnent d'une manière simultanée, sans se troubler mutuellement, dans les actions créatrice et inhibitrice de la perception visuelle, il suffit d'y faire participer la collaboration subjective des centres percepteurs. Aucun fait physique ou physiologique connu ne s'oppose, en effet, à ce que ces centres percepteurs ne puissent prendre connaissance à la fois de toutes les combinaisons d'impressions, fussent-elles d'ordre contraire, qui leur viennent des mêmes constructions stéréoscopiques.

Avant de conclure, il est bon de faire remarquer que toutes ces études gagnent beaucoup à être faites avec le secours du stéréoscope à trois images que j'ai déjà signalé à l'Académie et que je me propose de lui présenter avec quelques épreuves.

Conclusions. — 1° *Le stéréoscope, en dissociant et réassociant les deux images rétiniennes formées par la double épreuve spéciale introduite dans l'appareil, se prête à la constatation et à l'explication de très intéressants phénomènes d'inhibition. Ce sont les constructions géométriques, planes ou solides, qui sont le mieux adaptées à la production de ces phénomènes;*

2° *Si l'une des images d'un système plan est pourvue de détails particuliers qui la rendent asymétrique, par rapport à sa congénère, ces détails peuvent être masqués complètement, dans l'image unique vue par les deux yeux, ou y subir des éclipses répétées plus ou moins fugitives;*

3° *Ces phénomènes d'inhibition ne se manifestent que dans les cas où les deux yeux de l'observateur sont pourvus d'une acuité visuelle notablement inégale et où les détails créateurs de l'asymétrie sont placés devant l'œil le moins bien doué;*

4° *En raison de cette inégalité dans la netteté et la vivacité de l'impression des deux images sur les rétines, l'excitation produite par l'image de l'œil dominateur, sur les centres de projection, s'y rencontrant avec celle de l'œil dominé, entre en lutte avec elle et en entrave ou en supprime la perception;*

5° *Lorsque l'acuité visuelle est sensiblement la même dans les deux yeux, il est facile de créer l'inégalité, par l'interposition, entre l'œil et l'épreuve regardée, d'atténuateurs de la lumière. En procédant unilatéralement, on fait subir les plus grandes modifications à l'inhibition visuelle, qui peut alors, à la volonté de l'observateur, croître, décroître, paraître, disparaître ou passer d'un œil à l'autre;*

6° *Jamais l'inhibition visuelle ne se produit, quelle que soit la valeur de*

l'inégalité de l'acuité visuelle, quand les deux images rétiniennes restent symétriques;

7° *Les figures solidiennes, en introduisant la stéréoscopie dans les phénomènes observés ne changent rien aux manifestations de l'inhibition, si les conditions en sont réalisées d'autre part. Ainsi, avec ces figures, la collaboration des deux images rétiniennes à la production des effets de relief et de profondeur n'est gênée en rien par l'inhibition que l'une exerce sur l'autre. De même l'inhibition n'éprouve aucune entrave de cette collaboration;*

8° *Cette simultanéité d'effets d'apparences contraires se rencontre même dans le cas des figurations solidiennes dont l'asymétrie a été exclusivement localisée dans les lignes du dessin créateur des sensations stéréoscopiques;*

9° *Entre les deux actions créatrice et inhibitrice qui se manifestent ainsi simultanément, sans se nuire, quoiqu'elles aient le même siège, il n'existe donc aucun lien de subordination. Leurs déterminismes, soumis aux lois générales des perceptions centrales, ne sont pas exposées à s'influencer réciproquement;*

10° *Outre leur intérêt propre, ces phénomènes d'inhibition visuelle en possèdent un autre de portée plus étendue, celui d'apporter un élément nouveau à la constitution de la théorie générale des perceptions et des inhibitions sensitives.*

GÉOLOGIE. — *Sur l'ancienneté des roches vertes de la chaîne de Belledonne.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'appelle *roches vertes de la chaîne de Belledonne* les gabbros à diallage ou à hornblende et les serpentines qui forment, dans cette haute chaîne, deux groupes d'amas, l'un au nord, l'autre au sud des profondes gorges de la Romanche où passe la route de Grenoble au Bourg-d'Oisans. Le groupe septentrional commence au nord par les amas du mont Saint-Mury, se continue par ceux du lac Crozet et du mont Colon, puis par les amas beaucoup plus importants des lacs Robert, près de Champrousse, et se termine enfin par la masse de serpentine du lac Achard et par les amas de gabbros, de plus en plus petits et espacés, du vallon de l'Arselle et des environs du Luitel. Le groupe méridional, séparé du premier par un hiatus d'environ 8^{km}, commence un peu au sud de la Morte et constitue, partie serpentine et partie gabbro, la butte de la Chinarde, dans les pâturages du Serriou (1),

(1) Ou mieux Serre-Riou : vallons aux pentes couvertes de pâturages, à l'est de la montagne du Serre.

et la crête du Tabor qui domine, de 1400^m de hauteur, le village de Lavaldens. Les deux groupes s'allongent parallèlement à la direction générale de la chaîne, et leurs longueurs respectives sont d'environ 13^{km} et 16^{km}.

Gabbros et serpentine se présentent en amas de toute dimension interstratifiés dans des *gneiss basiques*, c'est-à-dire dans des gneiss généralement amphiboliques, quelquefois pyroxéniques. Ces amas sont souvent très aplatis et ressemblent alors à des strates. Les gneiss basiques (δ de la feuille *Grenoble* de la *Carte géologique*) ne sont eux-mêmes que l'un des éléments du Cristallophyllien de la chaîne de Belledonne, dont les autres constituants sont des micaschistes et des *gneiss acides :* mais il n'y a jamais de serpentine ni de gabbro en dehors des gneiss basiques, et il semble qu'il existe une relation entre la basicité des gneiss et la présence, au milieu d'eux, des roches vertes. Les gneiss basiques de Belledonne paraissent être devenus basiques sous l'empire de la cause qui a fait naître et cristalliser des gabbros dans leur sein. D'ailleurs, c'est une seule et même bande de gneiss basiques qui renferme les deux groupes d'amas de roches vertes. Il n'est donc pas douteux que les gabbros et serpentines de Belledonne et de Champrousse, au nord de la Romanche, et ceux du Tabor, au sud de cette rivière, ne forment une seule et même entité pétrographique.

Ces roches vertes, déjà signalées par Gueymard, ont été sommairement décrites par Charles Lory d'abord (1), puis par MM. Duparc et Delebecque (2). J'ai fait connaître leur mode de gisement, dans une brève Note, en 1901 (3).

S'il y a vraiment une relation génétique entre les roches vertes et les gneiss basiques de Belledonne et du Tabor, l'âge des roches vertes n'est autre que l'âge de la gneissification des terrains anciens de la chaîne : et cet âge ne peut être qu'antérieur au Houiller. Les sédiments houillers de la chaîne de Belledonne, qui appartiennent au Stéphanien, reposent, en effet, transgressifs et discordants, sur les micaschistes, les gneiss acides et les gneiss basiques, indifféremment; et les poudingues de base de ce Houiller renferment, avec des galets de quartz en nombre très prépondérant, quelques galets de micaschistes et de gneiss. La *série cristallophyllienne* de Belledonne est certainement antéhouillère : et il est infiniment probable, *a priori*, et pour quelqu'un qui regarde l'ensemble des phénomènes, que cette conclusion doit s'étendre aux roches vertes.

---

(1) Ch. Lory, *Description géologique du Dauphiné*, Grenoble et Paris, 1860, § 73, 74, 75, 103 et 105.

(2) L. Duparc et A. Delebecque, *Sur les gabbros et les amphibolites de la chaîne de Belledonne* (*Comptes rendus*, t. 118, 1894, p. 673). — L. Duparc, *Sur les roches éruptives de la chaîne de Belledonne* (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 634).

(3) P. Termier, *Nouvelles observations géologiques sur la chaîne de Belledonne* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 897).

Il faut cependant, pour qu'on soit en droit d'étendre aux roches vertes la conclusion relative à l'âge du Cristallophyllien de Belledonne, qu'aucune observation précise sur les rapports d'âge des roches vertes et des sédiments bien datés de la même région ne vienne imposer une conclusion différente. Il est clair, par exemple, que si l'on voyait, même en un seul point, une des roches vertes en question métamorphoser, à son contact, un calcaire du Trias ou du Lias, ou un grès du Permien, ou un schiste du Houiller, cela suffirait pour entraîner la postériorité des roches vertes au Trias, au Lias, au Permien ou au Houiller et, par conséquent, pour ruiner, en dépit de toutes les vraisemblances, l'hypothèse de la relation génétique entre les gabbros et les gneiss basiques.

Or Charles Lory a admis jusqu'à la fin de sa vie que, dans les pâturages du Serriou, et au col de l'Oullière (1) entre le Tabor et la montagne du Serre, il y avait des preuves positives d'une influence réciproque des serpentines et des calcaires du Lias (2). Une masse éruptive pâteuse était, selon lui, montée dans une faille largement ouverte entre le Lias et les gneiss; et la composition de cette masse pâteuse avait été modifiée par les deux parois qui l'encaissaient. Du côté des gneiss, elle avait cristallisé sous forme de roche à amphibole ou à diallage; du côté du Lias, elle s'était consolidée à l'état de serpentine. Les *spilites*, qui sont des laves basaltiques et qui, dans la même région, traversent les mêmes calcaires, étaient, aux yeux de Lory, des apophyses de la grande masse éruptive; et il voyait une autre confirmation de son idée dans le fait de la subordination des euphotides du mont Genèvre, près de Briançon, à des sédiments regardés par lui comme triasiques (3). Le problème me paraissant très important en raison de l'apparente connexité des roches vertes et de la série cristallophyllienne, j'ai voulu revoir les faits qui avaient déterminé la conviction de Charles Lory, et voici ce que j'ai observé :

Au col de l'Oullière, où les roches vertes du Tabor sont en contact avec les terrains secondaires, il n'y a pas de faille. Les calcaires triasiques, jaunes ou blancs, passant fréquemment à des cargneules, reposent sur des gabbros altérés. Dans l'ensemble, ce contact est une surface peu inclinée, plongeant faiblement vers l'ouest, et qui est parallèle aux strates du Trias et aux strates du Lias qui surmontent celles-ci; dans le

(1) Col de la Croix de l'Ollière, de la dernière révision de la Carte de l'État-Major. L'altitude de ce col est d'environ 1950^{m}. C'est le passage direct entre la Morte et Villard-Saint-Christophe.

(2) Ch. Lory, *loc. cit.*, § 105.

(3) Ch. Lory, *loc. cit.*, § 290.

détail, il y a des ondulations et des soubresauts qui affectent la surface en question. Le contact se poursuit au nord dans les pâturages du Serriou; de même qu'il se poursuit à l'ouest dans le ravin qui descend vers Villard-Saint-Christophe. A peu de distance au nord du col, c'est la serpentine qui vient toucher le Trias; à l'ouest, dans le ravin, le Trias repose sur les gabbros d'abord, puis, un peu plus bas, sur des amphibolites et, plus bas encore, sur des micaschistes. L'épaisseur du Trias est très variable, avec un maximum d'environ 50^m. Entre le Trias et le Lias s'étend une coulée de basalte (*spilite* de Lory), dont l'épaisseur varie aussi dans une très large mesure. Je n'ai vu, près du col, aucun filon de basalte recouper le Trias; mais, un peu à l'ouest, dans le ravin, j'ai observé, dans les amphibolites, un filon d'une roche noire à grands cristaux de labrador, sorte de diabasporphyrite très décomposée qui, pour moi, est un faciès filonien du basalte. A 2^{km} au nord du col, basalte et Trias, graduellement amincis, disparaissent totalement; et c'est le Lias qui repose horizontalement sur des gabbros et des amphibolites. Tout indique, en somme, que la surface de contact n'est autre que la surface de dépôt des premiers sédiments triasiques, et que, comme il arrive souvent dans les Alpes, des glissements se sont produits sur cette surface qui ont, localement et irrégulièrement, aminci ou même supprimé les étages inférieurs de la série sédimentaire.

Au col même, *il y a des mélanges de roche verte et de Trias;* et c'est là le fait, très troublant de prime abord, qui avait frappé Charles Lory. Sur les gabbros altérés repose un banc très net, qui semble être la première assise du Trias et qui est formé d'une roche à grain fin, verte et poreuse à la surface, grise et compacte à l'intérieur : elle renferme quelques noyaux irréguliers de quartz blanc. Dans le gabbro altéré qui lui sert de mur, et sur une hauteur de 0^m,50, on observe, çà et là, des blocs arrondis de marbre translucide, gris, vert et rouge. En dessous, il n'y a plus que des gabbros ordinaires, sans blocs ni veinules de marbre. Au microscope, la roche à grain fin, poreuse à la surface, se révèle comme un calcaire siliceux et chloriteux, où des grains de quartz et des paillettes de chlorite, et aussi quelques mouches de cuivre panaché, se mêlent à une calcite finement cristallisée. Au sud du col, sur l'arête qui s'élève rapidement vers le Tabor, les bancs poreux manquent et l'on ne voit que le mélange, très irrégulier, de gabbro et de marbre, mélange où le marbre, tantôt largement lamelleux, tantôt presque compact, forme, dans la roche verte, ici des veinules, là des blocs arrondis semblables à des galets. Un peu plus haut, on observe une sorte d'alternance de bancs de marbre et de bancs de roche verte. Plus haut encore, sur un petit gradin de l'arête, à 30^m environ au-dessus du col, le Trias affleure une dernière fois : ce sont des calcaires blancs et jaunes, très marmorisés, dans lesquels on voit des débris et des veinules d'une roche serpentineuse. Dans les marbres compacts, verdâtres et tachetés de rouge, les taches rouges sont faites de sidérose en partie transformée en oligiste.

Au nord du col, dans les pâturages, près du sentier de la Morte, on a un bon contact de la serpentine et des calcaires jaunes du Trias, avec des phénomènes intéressants qui règnent sur une épaisseur de 0^m,50. Cela commence à la base, par une zone où la serpentine est veinée et litée de calcite blanche; puis vient un banc de *brèche*, à débris arrondis de serpentine ayant, au maximum, la grosseur d'une noix, et à ciment de calcite. Sur cette brèche, épaisse de 0^m,25 à 0^m,30, le Trias jaune repose, inaltéré.

Les phénomènes observés au col peuvent faire croire, quelques instants, à un métamorphisme du Trias par le gabbro; et l'on comprend très bien la méprise de Charles Lory. Mais ces phénomènes s'interprètent tout aussi bien par l'écrasement et le mélange mécanique des roches en présence; et cette dernière interprétation devient la seule acceptable pour les faits constatés au nord du col, dans les pâturages. L'hypothèse du métamorphisme, si invraisemblable *a priori*, doit donc être abandonnée. Dans les glissements qui se sont produits à la base de la série sédimentaire, au moment des grands efforts orogéniques, les assises inférieures du Trias et les roches vertes sous-jacentes ont été, localement, broyées et mélangées; et dans ce mélange mécanique, épais de quelques centimètres ou de quelques mètres, le calcaire a recristallisé, ainsi qu'il est coutumier de faire, tantôt pur, tantôt mêlé d'un peu de chlorite, de quartz et de sidérose. Le banc siliceux du col de l'Oullière représente la recristallisation du grès calcaire, un peu chloriteux, qui était l'assise de base du Trias.

Il n'y a pas autre chose. Plus à l'ouest, ou plus au nord, on ne voit, dans le contact du Trias et de son substratum, aucun mélange. Le Trias repose indifféremment sur les micaschistes, les gneiss basiques ou les roches vertes. Mais il est souvent supprimé par étirement, et le Lias vient alors toucher les roches vertes ou les terrains cristallins : ce qui témoigne de l'importance des glissements à la base de la série secondaire.

La conclusion est que les roches vertes du Tabor n'ont nullement métamorphosé ni le Lias, ni le Trias; qu'elles sont très antérieures à ce dernier terrain; enfin, qu'elles forment, avec toutes les roches vertes de la chaîne de Belledonne, et avec tous les gneiss basiques de cette chaîne, un ensemble indivisible dont l'âge est certainement antéstéphanien.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique des éthers-sels par certains oxydes métalliques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

Nous avons indiqué récemment ([1]) que divers oxydes anhydres issus d'hydrates métalliques à fonction mixte provoquent l'éthérification rapide des alcools par les acides organiques, ainsi que la saponification des éthers-sels correspondants.

Cette formation aisée des éthers-sels à des températures n'excédant pas

([1]) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 358 et 494.

300° implique leur stabilité propre vis-à-vis des catalyseurs employés, oxyde de thorium, oxyde titanique. Mais quand on élève la température à 330°, 350°, et surtout 400°, la production d'éthers-sels devient de plus en plus réduite et l'on obtient à leur place les produits de dédoublement de l'alcool et de l'acide.

On pouvait prévoir qu'à ces températures les éthers-sels eux-mêmes seraient détruits au contact des oxydes catalyseurs. Il nous a paru intéressant d'étudier les conditions de cette destruction.

Le dédoublement des éthers-sels d'acides organiques par simple élévation de température est, en l'absence de catalyseurs, généralement difficile à réaliser : il est lent, et l'on doit atteindre des températures très hautes qui amènent l'émiettement des molécules. Il convient toutefois de signaler que le *benzoate d'éthyle*, chauffé en tube scellé au-dessus de 300°, se scinde lentement en éthylène et acide benzoïque. A. Colson, qui a indiqué cette réaction ainsi qu'une destruction analogue plus lente du *stéarate d'éthyle*, estimait que cette tendance au dédoublement en acide et carbure éthylénique est générale pour tous les éthers-sels [1].

D'autre part Senderens, opérant entre 380° et 420° en présence d'alumine, a trouvé que l'acétate d'éthyle, le propionate d'éthyle, le butyrate d'éthyle se dédoublent nettement en cétone symétrique, anhydride carbonique et éthylène [2]. Il trouvait d'autre part que l'oxyde de thorium détermine pour ces éthers une destruction complexe dont il n'a pas précisé la nature.

Ceci posé, considérons un éther-sel issu d'un alcool primaire forménique et d'un acide organique monobasique (autre que l'acide formique). Mis en présence d'un oxyde catalyseur MO, issu d'un hydrate $M(OH)^2$ à fonction mixte, il fournira de suite la réaction

$$\underbrace{2(RCOOC^nH^{2n+1})}_{\text{éther-sel}} + 2MO = (RCOO)^2M + (C^nH^{2n+1}O)^2M.$$

Le sel $(RCOO)^2M$ et le dérivé alcoolique $(C^nH^{2n+1}O)^2M$ sont tous les deux instables, si l'oxyde choisi est à la fois catalyseur des acides et des alcools, à la température où l'on opère.

Premier cas. — Si l'instabilité des deux composés temporaires est de

---

[1] A. Colson, *Comptes rendus*, t. **147**, 1908, p. 1054.
[2] Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. V, p. 482.

même ordre, ils se détruisent simultanément et donnent

$$(1)\qquad 2(RCOOC^nH^{2n+1}) + 2MO = \begin{cases} \underbrace{RCOR}_{\text{cétone}} + CO^2 + MO, \\ \underbrace{2C^nH^{2n}}_{\text{carbure}} + H^2O + MO. \end{cases}$$

Il se produit la cétone symétrique et un carbure éthylénique qui, s'il est gazeux, a un volume double de l'anhydride carbonique dégagé. C'est ce qui a lieu avec l'alumine de 386° à 400°, d'après le résultat précité de Sanderens.

Si l'éther-sel est méthylique, on a production d'oxyde de méthyle

$$2(RCOOCH^3)^2 = RCOR + CO^2 + (CH^3)^2O.$$

Deuxième cas. — Supposons que le catalyseur employé soit plus actif vis-à-vis des acides que des alcools : alors le dédoublement du composé $(R.CO.O)^2M$ sera plus rapide que celui du composé alcoolique. L'eau formée dans la réaction (1) aura le temps de réagir sur une dose équivalente de ce dernier, qu'elle détruira, en régénérant l'*alcool :*

$$(C^nH^{2n+1}O)^2M + H^2O = MO + \underbrace{2C^nH^{2n+1}OH}_{\text{alcool}}.$$

Combinée avec la précédente, cette réaction fournira la réaction

$$(2)\qquad 4(RCOOC^nH^{2n+1})^2 = \underbrace{2(RCOR)}_{\text{cétone}} + 2CO^2 + \underbrace{2C^nH^{2n}}_{\text{carbure}} + \underbrace{2(C^nH^{2n+1}OH)}_{\text{alcool}}.$$

Il y a formation simultanée de cétone, d'alcool et de volumes égaux d'anhydride carbonique et de carbure éthylénique (si celui-ci est gazeux).

Tel est le cas ordinaire des décompositions effectuées par l'oxyde de thorium, par exemple à 310° avec l'*acétate d'éthyle*, l'*acétate de propyle*, le *propionate de propyle*, l'*acétate d'isobutyle*, le *caproate d'éthyle*. Les volumes d'éthylène, de propylène, d'isobutylène sont sensiblement identiques à celui de l'anhydride carbonique, et l'on peut par distillation isoler l'alcool régénéré.

Quand on élève la température, on accélère le dédoublement des composés intermédiaires instables, et l'on tend à revenir au premier type de réaction : formation exclusive de cétone sans alcool, carbure éthylénique occupant un volume gazeux double de l'anhydride carbonique. C'est ce que nous avons vérifié nettement pour l'*acétate d'isobutyle* au-dessus de 350°, pour le *caproate d'éthyle* vers 360°.

D'ailleurs la température étant alors devenue assez haute, les alcools

formés sont plus ou moins catalysés par déshydrogénation avec formation d'aldéhyde dont la présence est facile à constater. L'aldéhyde elle-même peut être partiellement scindée en hydrocarbure gazeux et oxyde de carbone, qu'on retrouve avec l'hydrogène dans les produits gazeux de la réaction.

Troisième cas. — Si le catalyseur employé est moins actif vis-à-vis des acides que des alcools, le composé temporaire $(RCOO)^2M$ ne sera dédoublé que lentement. L'eau issue du dédoublement rapide du composé $(C^nH^{2n+1}O)^2M$ agira sur le premier pour le détruire en régénérant l'acide libre :

$$(RCOO)^2M + H^2O = MO + \underbrace{2(RCOOH)}_{\text{acide}}.$$

Quand il en est ainsi, la formation de cétone ainsi que le dégagement d'anhydride carbonique sont peu importants : il y a surtout production de carbure éthylénique et mise en liberté d'acide.

C'est ce qui a lieu avec l'*oxyde titanique* opposé aux acides acétique, propionique, butyrique, valérique, etc., qu'il dédouble bien plus lentement que les alcools.

Ainsi, avec l'*isobutyrate d'éthyle*, la décomposition, qui ne commence guère qu'à 380°, fournit, à 400°, un dégagement gazeux renfermant pour 100^vol :

Anhydride carbonique........................	20
Éthylène....................................	80

Le liquide condensé renferme une certaine proportion de cétone, d'alcool et une dose notable d'acide acétique.

Quatrième cas. — L'exagération du cas précédent correspond aux oxydes, qui, aptes à catalyser les alcools, sont incapables de dédoubler les acides. C'est ce qui a lieu avec les divers oxydes catalyseurs, thorine, oxyde titanique, vis-à-vis de l'*acide benzoïque* ou des *acides toluiques*. C'est également, vis-à-vis des acides forméniques, le cas des catalyseurs tels que l'*anhydride borique,* qui ne peut contracter qu'une combinaison temporaire alcoylée.

Dans ce cas, la réaction pourra être interprétée comme il suit :

$$\begin{aligned}2(RCOOC^nH^{2n+1}) + MO &= M(OC^nH^{2n+1})^2 + \underbrace{(RCO)^2O}_{\text{anhydride}}\\ &= MO + 2C^nH^{2n} + H^2O + (RCO)^2O\\ &= MO + 2C^nH^{2n} + \underbrace{2(RCOOH)}_{\text{acide}}.\end{aligned}$$

On aura par conséquent régénération de la totalité de l'acide, avec une formation exclusive de carbure éthylénique.

Nous avons effectivement vérifié que le benzoate d'éthyle est régulièrement catalysé par l'oxyde de thorium au-dessus de 400° et se dédouble en acide benzoïque et éthylène, comme dans le tube scellé de Colson.

De même, le *valérate d'éthyle* est catalysé au-dessus de 400° par l'anhydride borique et fournit exclusivement de l'éthylène et de l'acide valérique libre.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1911.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

MATHÉMATIQUES : *Prix Francœur, Bordin.* — La Section de Géométrie et MM. Darboux, Boussinesq, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vieille, Lecornu.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Grand prix des Sciences mathématiques* pour l'année 1914.

MÉCANIQUE : *Prix Montyon, Poncelet, Vaillant.* — La Section de Mécanique et MM. Schlœsing, Haton de la Goupillière, Poincaré.

Ont ensuite obtenu le plus de suffrages : MM. Bertin, Villard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Prix Fourneyron* pour l'année 1914.

NAVIGATION : *Prix extraordinaire de la Marine, Prix Plumey.* — Les Sections de Mécanique et de Géographie et Navigation.

ASTRONOMIE : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, G. de Pontécoulant, Damoiseau.* — La Section d'Astronomie et MM. Darboux, Lippmann, Poincaré.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Appell.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Prix Damoiseau* pour l'année 1914.

GÉOGRAPHIE : *Prix Tchihatchef*, *Gay*. — La Section de Géographie et Navigation et MM. Ph. van Tieghem, Perrier, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Lacroix.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Prix Gay* pour l'année 1914.

PHYSIQUE : *Prix Hébert*, *Hughes*, *Gaston Planté*. — La Section de Physique générale et MM. Cailletet, Poincaré, Émile Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Carpentier.

CHIMIE : *Prix Jecker*, *Cahours*, *Montyon* (Arts insalubres). — La Section de Chimie et MM. Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : M. Müntz, Roux.

MINÉRALOGIE et GÉOLOGIE : *Prix Delesse*, *Joseph Labbé*, *Fontannes*, *Victor Raulin*. — La Section de Minéralogie et MM. Perrier, Zeiller, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Lallemand.

BOTANIQUE : *Prix Desmazières*, *Montagne*, *de Coincy*, *Thore*. — La Section de Botanique et MM. Ph. van Tieghem, Perrier, Chatin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, le prince Roland Bonaparte.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Herrgott*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. Pavlov	obtient.	45 suffrages
M. Loeffler	»	2 »
M. S. Arrhenius	»	1 suffrage

M. **Pavlov**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Hittorf*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. S. Arrhenius obtient. . . . . . 45 suffrages
M. J.-J. Thomson » . . . . 1 suffrage

M. S. Arrhenius, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

Le **Président de la Société royale astronomique de Londres** exprime au Président de l'Académie des Sciences et à ses confrères les astronomes la joie que lui procure l'unification de l'heure entre la France et l'Angleterre.

Cette réforme, ajoute-t-il, qui est d'une grande importance pour les astronomes, est de nature à faciliter les communications entre les deux pays.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'avènement du Métal*, par M. Camille Jullian, de l'Institut.

2° *Les articulations florales*, par M. H. Lecomte. (Présenté par M. L. Mangin.)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la variation dans le mouvement de la Lune.* Note de M. Nicolau, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note antérieure (*Comptes rendus* du 20 juin 1910), j'ai signalé une limite de convergence des développements de $a_{\pm 1}$ valable à la première approximation, c'est-à-dire autant que les inégalités variationnelles secondaires sont exclues. Restait à savoir ce qui arrive lorsqu'on veut tenir compte de *toutes* ces inégalités; autrement dit, chercher l'influence des coefficients $a_{\pm j}$, où $j \geqq 2$, sur la valeur de $a_{\pm 1}$. De là une première question : *Trouver l'ordre de grandeur de $a_{\pm j}$ en supposant $a_{\pm 1}$ donnés.* Je fais, dans ce

but, la transformation

$$(1) \qquad a_{\pm j} = \frac{m^{2j}}{\Delta_j} b_{\pm j} \qquad (a_0 = 1)$$

ramenant l'équation de Hill à la suivante :

$$b_j = \sum_{i \neq j} u_{ji} \frac{b_i b_{i-j}}{\Delta_i \Delta_{i-j}} m^{2h_0} + u_j \sum_i \frac{b_i b_{j-i-1}}{\Delta_i \Delta_{j-i-1}} m^{2h'_1} + v_j \sum_i \frac{b_i b_{-j-i-1}}{\Delta_i \Delta_{j+i+1}} m^{2h''_1},$$

et à une expression analogue à b_{-j} se déduisant de celle-ci par le changement de i, j en $-i$, $-j$ et de h'_1, h''_1 en h'_{-1}, h''_{-1} avec

$$h_0 = |i| + |i-j| - |j|, \qquad h'_{\pm 1} = |i| + |j - i \mp 1| - |j|,$$
$$h''_{\pm 1} = |i| + |j + i \pm 1| - |j|.$$

Posant ensuite

$$(2) \qquad \frac{b_{\pm j}}{\Delta_j} = c_{\pm j} \qquad (c_0 = 1),$$

afin d'avoir une limite supérieure des valeurs des c pour j grand, je remplace l'équation précédente par une équation majorante. Je me borne aux termes principaux, c'est-à-dire à ceux qui sont de l'ordre de m^0; et à cette équation ayant la forme

$$c_{\pm j} = \sum_1^{j-1} c_{\pm i} c_{\mp j \pm i} + \frac{\lambda}{j^2} \sum_0^{j-1} c_i c_{j-i-1},$$

où le paramètre λ aura finalement la valeur 1, je cherche une solution asymptotique. Ayant, pour cela, formé d'abord les équations différentielles auxquelles satisfont les fonctions

$$\sum_1^\infty c_j x^j = y, \qquad \sum_1^\infty c_{-j} x^j = z,$$

j'en déduis l'équation à laquelle doit satisfaire la fonction majorante commune $y = z$, c'est-à-dire

$$(3) \qquad (y' + xy'')(1 - 2y) - 2xy'^2 - c_1 - \lambda(1+y)^2 = 0,$$

mettant tout de suite en évidence les singularités nécessaires $x = 0$, $y = \frac{1}{2}$. La première signifie qu'il n'y a aucune intégrale de (3) se réduisant à $\frac{1}{2}$ pour $x = 0$, mais la seconde correspond à un point de ramification algébrique du second degré pour la fonction intégrale. A ce résultat j'arrive

d'une part à l'aide de l'équation aux variations de (3), qui permet d'approcher autant qu'on veut de l'intégrale cherchée, en partant de la solution *génératrice*, pour laquelle $\lambda = 0$, c'est-à-dire

$$y = \frac{1}{2}(1 - \sqrt{1 - 4c_1 x});$$

d'autre part, en considérant le système équivalent à (3) obtenu par la substitution $y - \frac{1}{2} = z$, $xzz' = u$; et dont les séries intégrales donnent par inversion

$$(4) \qquad y = \frac{1}{2} + \gamma_0 (x - \alpha_0)^{\frac{1}{2}} + \gamma_1 (x - \alpha_0) + \ldots,$$

où

$$\gamma_0 = -\sqrt{2\frac{\beta_0}{\alpha_0}}, \qquad \alpha = \frac{\alpha_0}{8\beta_0^2}\left[1 + \frac{\alpha_0}{2\beta_0}\left(c_1 + \frac{9}{4}\lambda\right)\right], \qquad \gamma_1 = -\frac{1}{2}\gamma_0^3 \alpha, \qquad \ldots,$$

avec la condition

$$(5) \qquad 0 = \frac{1}{2} + \gamma_0(-\alpha_0)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2}\alpha\gamma^3(-\alpha_0) + \ldots.$$

Une fois la nature de la singularité qui nous intéresse connue, j'applique la méthode de M. Darboux, concernant l'approximation des fonctions de très grands nombres; voir à ce sujet son Mémoire (¹) et les *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste* (t. I, p. 278) de M. Poincaré.

Je trouve ainsi pour la partie principale de $c_{\pm j}$ l'expression

$$(6) \qquad c_{\pm j} = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \frac{\sqrt{-\beta_0}}{\alpha_0^j} j^{-\frac{3}{2}},$$

avec une erreur de l'ordre de $j^{-\frac{5}{2}}$.

Mais aux environs du point singulier la fonction y étant suffisamment représentée par le développement (4) limité aux termes d'un rang inférieur, nous pouvons regarder comme nuls tous les coefficients γ à partir de γ_1; avec le même ordre d'erreur, évidemment cela revient à annuler α; l'équation (5) étant alors sensiblement

$$0 = \frac{1}{2} + \gamma_0(-\alpha)^{\frac{1}{2}},$$

(¹) *Journal de Mathématiques*, 3ᵉ série, t. IV, 1ʳᵉ Partie.

donnera $\beta_0 = -\frac{1}{8}$, et l'on aura α_0 par l'équation $\alpha = 0$, c'est-à-dire

$$\alpha_0 = \frac{1}{4c_1 + 9\lambda}.$$

Il est d'ailleurs évident qu'avec $\lambda = 0$ on retombe sur la solution génératrice; en une première approximation on peut donc s'en tenir à $\lambda = 0$, et alors, avec les valeurs $\beta_0 = \frac{-1}{8}$ et $\alpha_0 = \frac{1}{4c_1}$, nous aurons finalement, d'après (1), (2), (6) l'expression suivante :

$$a_{\pm j} = \frac{a_1^j\, 2^{2j-3}}{j\sqrt{\pi j}}.$$

GÉOMÉTRIE. — *Contribution à la quadrature des surfaces courbes.* Note de M. **Zoárd de Geöcze**, présentée par M. Émile Picard.

Dans un travail récent [1] je me suis occupé de la quadrature de la surface $z = f(x, y)$. En cherchant à étendre ces recherches à une surface quelconque, j'ai obtenu une condition nécessaire pour que l'aire de la surface soit finie; je vais indiquer cette condition qui, très probablement, est aussi suffisante.

Soient x, y, z et u, v, t deux systèmes d'axes de coordonnées rectangulaires, et soient φ, ψ, χ des fonctions bornées, uniformes et continues des variables u, v, le point u, v variant dans un rectangle P du plan uv. Désignons par R la surface $x, y, z = \varphi, \psi, \chi$. Soit T son aire (intérieure) d'après la définition de M. Lebesgue. Soit d une figure qui est formée par des domaines D situés dans P, de manière que ces D deux à deux n'aient aucun point commun. Soit a une quantité non négative qui n'est pas plus grande que l'aire intérieure de la partie de R qui correspond à D. Soit b la somme des a. A un ensemble des d correspond un ensemble des b; désignons par L sa limite supérieure. Ayant $T \geqq b$ il est évident que $L < +\infty$ est une condition nécessaire pour que T soit fini. *Nous allons construire trois valeurs particulières de* L; *pour cela nous allons utiliser un système spécial pour les domaines* D *qui forment d.*

---

[1] *Quadrature des surfaces courbes* (*Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn*, t. XXVI, 1910).

Préliminaires. — Nous disons qu'une figure plane μ est un domaine simple lorsqu'elle est bornée, ouverte, connexe et, de plus, lorsque sa frontière f coïncide avec la frontière de la partie illimitée du plan. Désignons par K une ligne polygonale, telle que le nombre de ses sommets vrais soit fini. Une ligne K issue d'un point de μ, et allant jusqu'à un point qui n'appartient pas à μ, coupe f; soit C le premier point de K sur f. Désignons par I l'ensemble de tous les C. Soient C_1, C_2, C_3 trois points quelconques de I, et soit l une circonférence située dans μ; parcourons-la de manière que l'aire renfermée par elle soit à droite. Joignons C_1, C_2, C_3 avec l par des K_1, K_2, K_3 situés (excepté leurs points de départ) dans μ, ne coupant l qu'une fois dans les points E_1, E_2, E_3, de sorte que deux à deux ils n'aient pas aucun point commun. L'ordre circulaire des E_1, E_2, E_3 ne dépend que des C_1, C_2, C_3 et il définit un ordre circulaire pour les C_1, C_2, C_3. I sera ainsi circulairement ordonné. Répartissons les points de I en quatre figures α, β, γ, δ, telles que chacune d'elles contienne une infinité de points et que C_α, C_β, C_γ, C_δ étant respectivement des points quelconques de α, β, γ, δ, leur ordre soit C_α, C_γ, C_β, C_δ.

Considérons la surface $t = \varphi$ dans l'espace u, v, t. Soient ξ_1, ξ_2, η_1, η_2 des constantes telles que $|(\xi_2 - \xi_1).(\eta_2 - \eta_1)| > 0$. Désignons par ξ'_1, (ξ'_2) la projection orthogonale de la section $t = \xi_1$, (ξ_2) de $t = \varphi$ sur le plan de P. De même, désignons par η'_1, (η'_2) la projection orthogonale de la section $t = \eta_1$, (η_2) de $t = \psi$ sur P. ξ_1, ξ_2, η_1, η_2 étant convenablement choisis, *il peut arriver* que P contient un μ tel que ses α, β, γ, δ soient situés sur ξ'_1, ξ'_2, η'_1, η'_2 respectivement. Lorsqu'un tel μ sera considéré comme un D on peut prendre $a = |(\xi_2 - \xi_1).(\eta_2 - \eta_1)|$ (ce fait résulte des propriétés de la frontière de D).

Considérons un d dont tous les D aient les propriétés signalées, les constantes ξ_1, ξ_2, η_1, η_2 étant, bien entendu, en général, variables avec les D. Considérons l'ensemble qui est formé par tous ces d. Posons pour cet ensemble $L = A$. Il peut arriver que quelles que soient les ξ_1, ξ_2, η_1, η_2, D n'existe pas. Posons dans ce cas $A = 0$. On voit que A dépend de φ et ψ. Soient B et Γ les quantités analogues à A relatives à φ et χ, puis à ψ et χ. Posons $S = A + B + \Gamma$. On en déduit les résultats suivants :

Lorsque $S = 0$ *on a* $T = 0$ *et réciproquement.* $S < +\infty$ *est une condition nécessaire pour que* T *soit fini.*

Dans le cas où R *est une image biunivoque de* P, *on a* $S > 0$, *donc l'aire d'une telle surface est plus grande que zéro.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet relatif à une couronne circulaire*. Note de M. HENRI VILLAT, présentée par M. Émile Picard.

J'expose dans ce qui suit une résolution *directe* et *effective* du problème de Dirichlet pour une couronne circulaire. La formule obtenue est à rapprocher de la célèbre formule de Poisson relative à une circonférence.

Soit à trouver la fonction harmonique $P(x, y)$, régulière dans la couronne, et prenant sur les frontières, extérieure et intérieure, les valeurs $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$, aux points d'argument θ. Les deux fonctions $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$ ne seront assujettis qu'à satisfaire aux conditions de Dirichlet (d'ailleurs non toutes nécessaires, comme je le démontre ailleurs). Enfin, on peut toujours supposer (au moyen d'une homothétie préalable) que les rayons extrêmes de la couronne soient 1 et $q(<1)$.

Je démontre d'abord qu'on peut toujours ramener le problème au cas où l'on aurait la relation

$$\int_0^{2\pi} \Phi(\theta)\, d\theta = \int_0^{2\pi} \Psi(\theta)\, d\theta. \tag{1}$$

Ceci posé, je déterminerai une fonction

$$\Omega(z) = \Omega(x+iy) = P(x, y) + iQ(x, y),$$

dont la partie réelle $P(x, y)$ soit la fonction harmonique cherchée. A cet effet je construis une *fonction fondamentale* $\Omega_0(z)$ dont la partie réelle prenne :

Sur la circonférence de rayon 1, la valeur constante α le long d'un arc d'angle au centre $2t_0$, et la valeur zéro sur le reste de la circonférence;

Sur la circonférence de rayon q, la valeur constante β le long d'un arc d'angle au centre $2t_1$ $(\alpha t_0 = \beta t_1)$, et la valeur zéro sur le reste de la circonférence.

Introduisons les fonctions elliptiques construites avec les périodes : 2ω (réelle), $2\omega'$ (imaginaire pure), dont le rapport (qui seul intervient dans ce qui suit) soit déterminé par la relation

$$q = e^{-\frac{\pi\omega'}{i\omega}}.$$

Je parviens alors à montrer qu'on peut mettre la fonction fondamentale Φ_0

sous la forme

$$(2)\qquad \Omega_0 = -\frac{\alpha i}{\pi}\log\frac{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}t_0\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z + \frac{\omega}{\pi}t_0\right)} + \frac{\beta i}{\pi}\log\frac{\sigma_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}t_1\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z + \frac{\omega}{\pi}t_1\right)}.$$

Ceci étant, la superposition d'un certain nombre de fonctions fondamentales permet de construire une fonction de z, dont la partie réelle prenne des valeurs constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$, le long de n arcs en lesquels on aurait subdivisé la circonférence $|z| = 1$, et des valeurs constantes $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$, le long de n arcs de la circonférence $|z| = q$. De là, par un passage à la limite, on est conduit à écrire pour la fonction $\Omega(z)$ la formule suivante, valable peut-être *dans* la couronne :

$$(3)\qquad \Omega(z) = \frac{i\omega}{\pi^2}\int_0^{2\pi}\Phi(\theta)\frac{\sigma'\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}d\theta - \frac{i\omega}{\pi^2}\int_0^{2\pi}\Psi(\theta)\frac{\sigma'_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}d\theta.$$

Ce résultat obtenu, il est essentiel d'en démontrer la légitimité, qui est loin d'être évidente. A cet effet je fais voir :

1° Que la fonction $\Omega(z)$, définie par (3), est continue dans la couronne;

2° Que sa partie réelle $P(x, y)$ y est continue *jusqu'aux frontières* [exception faite des points de celles-ci où $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$ seraient supposés discontinus] et qu'elle tend bien vers les valeurs données $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$ lorsque le point (x, y) tend vers le point correspondant d'une circonférence limite.

Si la condition (1) n'est pas supposée vérifiée, je montre qu'il suffit de remplacer la formule (3) par la formule

$$(4)\qquad \Omega(z) = \int_0^{2\pi}\Phi(\theta)\left[\frac{i\omega}{\pi^2}\frac{\sigma'\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)} + \frac{1}{2\pi}\left(1 + \frac{i\omega}{\pi\omega'}\log z\right) - \frac{i\eta}{\pi^2}\right]d\theta - \int_0^{2\pi}\Psi(\theta)\left[\frac{i\omega}{\pi^2}\frac{\sigma'_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega}{i\pi}\log z - \frac{\omega}{\pi}\theta\right)} + \frac{1}{2\pi}\left(1 + \frac{i\omega}{\pi\omega'}\log z\right) - \frac{i\eta}{\pi^2}\right]d\theta.$$

Le problème de Dirichlet est ainsi complètement résolu par des formules

qu'il nous semble falloir rapprocher de la célèbre intégrale de Poisson (qui résout le même problème pour le cercle).

On remarquera que nos formules (3) ou (4) font connaître, non seulement la fonction harmonique $P(x, y)$ prenant aux frontières des valeurs données, mais aussi en même temps et sans intégration nouvelle la fonction associée $Q(x, y)$ (définie à une constante près) dont on a fréquemment besoin en même temps que de la fonction elle-même. A ce sujet, disons que, si les intégrations indiquées dans (3) ou (4) ont été effectuées, aucune difficulté ne se présente; sinon ces formules ne fournissent pas les valeurs de la fonction associée *sur les frontières*, à moins de prendre certaines précautions. Pour la formule (3), par exemple, en nous plaçant en un point $z = e^{i\varepsilon}$ de la frontière extérieure, la valeur de $Q(x, y)$ serait, comme on peut le démontrer,

$$Q_{(z=e^{i\varepsilon})} = -\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} [\Phi(\theta) - \Phi(\varepsilon)] \frac{d}{d\theta}\left[\log \sigma\left|\frac{\omega}{\pi}(\varepsilon - \theta)\right|\right] d\theta$$
$$-\frac{2\eta\omega}{\pi}\left(1 - \frac{\varepsilon}{\pi}\right)\Phi(\varepsilon) - \frac{i\omega}{\pi^2}\int_0^{2\pi} \Psi(\theta) \frac{\sigma'_3\left[\frac{\omega}{\pi}(\varepsilon - \theta)\right]}{\sigma_3\left[\frac{\omega}{\pi}(\varepsilon - \theta)\right]} d\theta.$$

On a une formule analogue sur la frontière intérieure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des singularités des surfaces.* Note de M. GUSTAVE DUMAS, présentée par M. P. Appell.

Soit

$$F(x_i) = \sum A_{\alpha\beta\gamma}\, x_1^\alpha\, x_2^\beta\, x_3^\gamma = 0 \tag{1}$$

l'équation d'un élément de surface analytique dans le voisinage du point

$$x_i = 0,$$

supposé singulier.

L'objet de cette Note est de montrer comment on peut, dans ce cas, représenter cet élément.

Une *surface polyédrale convexe* Π, jouant le rôle des polygones de Newton dans la résolution des singularités des courbes analytiques planes, est à la base de la théorie.

Π s'obtient après avoir fait correspondre à chaque terme de $F(x_i)$ un

point dont les coordonnées, relativement à un système d'axes rectangulaires, sont respectivement α, β, γ.

Soit (A_i) une face de Π. Dans celle-ci considérons plus spécialement l'un de ses sommets A_1 et l'une des deux arêtes passant par A_1. A ces trois éléments (face, arête, sommet) on peut rattacher une *substitution unimodulaire*

$$x_i = \xi_1^{a_1^{(i)}} \xi_2^{a_2^{(i)}} \xi_3^{a_3^{(i)}} \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{2}$$

caractérisée par le fait que le déterminant de ses exposants, d'ailleurs tous entiers positifs ou nuls, est égal à ± 1.

Cette substitution effectuée dans (1), après suppression d'un facteur égal au produit de certaines puissances entières de ξ_1, ξ_2 et ξ_3, donne

$$\varphi_{A_1}(\xi_2, \xi_3) + \xi_1 \psi(\xi_1, \xi_2, \xi_3) = 0. \tag{3}$$

Le premier membre de (3) est holomorphe en ξ_1, ξ_2, ξ_3; φ_{A_1} correspond aux points situés dans la face (A_i).

Dans le cas où $\xi_2 = \alpha_2$, $\xi_3 = \alpha_3$ sont deux quantités *finies*, coordonnées d'un *point simple* de la courbe $\varphi_{A_1} = 0$, on obtient immédiatement, pour un domaine bien délimité de l'élément (1), une représentation

$$\underset{(i=1,2,3)}{x_i} = \xi_1^{a_1^{(i)}} \xi_2^{a_2^{(i)}} [P(\xi_1, \xi_2 \mid 0, \alpha_2)]^{a_3^{(i)}}. \tag{4}$$

$P(\xi_1, \xi_2 \mid 0, \alpha_2)$ représente un développement holomorphe dans le voisinage de $\xi_1 = 0$ et $\xi_2 = \alpha_2$.

Quand (α_2, α_3) est *point multiple* de $\varphi_{A_1} = 0$ on se trouve en présence d'un point singulier de (3). Ce point se traitera de la manière qui vient d'être décrite. La réduction s'achèvera toujours lorsque l'élément (1) est élément unique.

Considérons la face (A_i). Supposons-la finie. A chacun des sommets du contour qui la limite se rattache une courbe $\varphi_{A_i} = 0$. Ces courbes se correspondent point par point et l'on peut montrer qu'à un point à l'infini de l'une correspond dans l'une des autres un point dans le fini. Il en résulte qu'à chaque face (A_i) de Π correspond un ou plusieurs systèmes de relations (4), systèmes qui séparément forment chacun un tout et qui sont tels que chacune des relations (4), qu'ils renferment respectivement, peut dans chaque système s'obtenir de l'une d'entre elles par prolongement analytique. Ces systèmes constituent donc des *cycles* de l'élément de surface considéré. La conclusion se modifie quelque peu si la face considérée (A_i) s'étend à l'infini.

Tous les cycles de l'analyse précédente épuisent l'élément (1). L'équation (1) ne peut, en effet, être vérifiée que quand l'un des groupes de termes de $F(x_i)$, correspondant aux diverses faces de Π, se réduit en valeur absolue à une quantité donnée à l'avance aussi petite que l'on veut.

Les *lignes multiples* sont aussi mises en évidence. Elles correspondent aux points multiples des courbes $\varphi_{A_i} = 0$. Aux arêtes intérieures de Π, c'est-à-dire aux arêtes qui n'appartiennent à aucune face s'étendant à l'infini, correspondent enfin, toujours, aux autres arêtes, dans certains cas seulement, des *points de passage* entre cycles relatifs aux deux faces définissant l'arête. Ces points se caractérisent en égalant à zéro le groupe de termes de $F(x_i)$ dont les points représentatifs se trouvent sur l'arête considérée.

Les méthodes précédentes trouvent leur justification dans le fait que tous les points correspondant à $F(x_i)$ peuvent être successivement envisagés comme points à cotes entières des différents réseaux que les constructions des substitutions (3) rattachent aux divers sommets du polyèdre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination exacte des périodes des oscillations électriques.* Note de M. C. Tissot, présentée par M. Lippmann.

Le mode de détermination des périodes des oscillations électriques par un résonateur fermé de constantes connues ne me paraît pas prêter aux objections qui lui ont été adressées dans une Note récente [1], pourvu qu'on prenne, dans l'établissement de l'appareil et dans l'exécution des mesures, les précautions voulues.

En signalant, le premier je crois bien, l'application que j'avais faite d'un pareil dispositif [2] (qui n'est autre que celui des expériences bien connues de Blondlot) à la détermination des périodes des antennes, et en le proposant comme ondemètre [3], j'insistais sur l'importance de ces précautions.

Elles consistent, en ce qui concerne l'appareil, à faire usage comme résonnateur d'un circuit de forme géométrique simple, un cadre rectangulaire à à un seul tour de fil, par exemple, et à se servir comme capacités de condensateurs *à lames d'air*.

La self-induction du cadre s'obtient *très exactement* par le calcul pour les

(1) *Comptes rendus*, 27 février 1911.
(2) *Comptes rendus*, 24 octobre 1904.
(3) *Étude de la résonance des systèmes d'antennes* (*Thèse de doctorat*, Paris, 1905).

courants de fréquence élevée qu'on emploie en télégraphie sans fil et qu'on peut considérer comme purement superficiels. Quant à la capacité des condensateurs, on peut la déterminer avec une grande précision en *basse fréquence* (puisque ce sont des condensateurs à lames d'air) par le procédé du commutateur tournant.

En ce qui concerne l'exécution même des mesures, il importe d'associer le résonnateur au circuit étudié par couplage *trè slâche*. L'emploi d'un détecteur d'effet total très sensible comme le bolomètre (ou le thermogalvanomètre de Duddell) qui permet d'opérer loin de la source excitatrice, se trouve particulièrement indiqué.

Enfin, pour obtenir une certaine rigueur dans la détermination des périodes, il convient de les déduire, non de l'observation du maximum des indications de l'instrument thermique, mais du tracé de la courbe de résonance dans le voisinage du sommet.

Dans ces conditions, j'estime qu'on peut avoir pleine confiance dans les résultats fournis par la méthode, et que le résonnateur fermé constitue encore le dispositif le plus sûr dont on puisse faire usage comme *ondemètre-étalon*.

J'ajouterai que c'est grâce à l'emploi de ce dispositif que j'ai pu attribuer tout d'abord (¹), aux périodes propres et aux amortissements des antennes, des valeurs assez exactes pour qu'on puisse les regarder encore comme telles aujourd'hui.

PHYSIQUE. — *Comparaison des vitesses de propagation de la lumière et des ondes électromagnétiques le long des fils*. Note de M. C. Gutton, présentée par M. H. Poincaré.

La comparaison des vitesses de propagation de la lumière et des ondes électromagnétiques a été obtenue en cherchant le rapport des valeurs trouvées respectivement pour ces deux vitesses. J'ai pu, en utilisant la biréfringence électrique du sulfure de carbone, les comparer directement l'une à l'autre, sans les mesurer isolément. MM. Abraham et Lemoine ont déjà indiqué la possibilité de telles expériences.

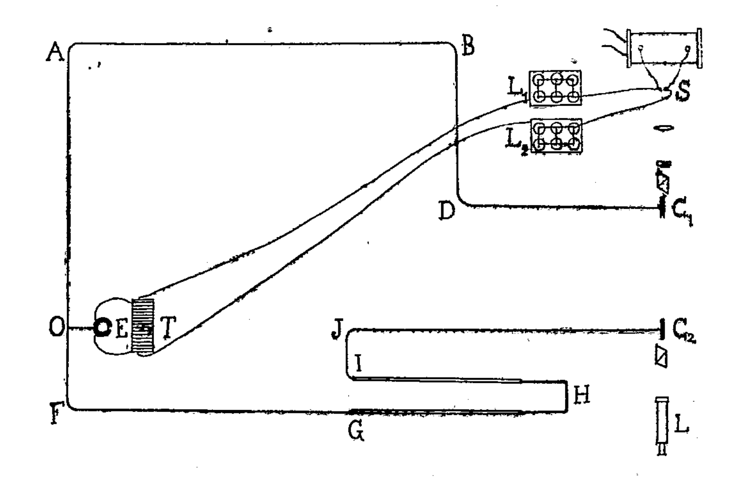
Bien que les procédés les plus délicats (²) n'aient pu mettre en évidence

(¹) *Loc. cit.*

(²) R. Blondlot, *Journal de Physique*, 2ᵉ série, t. VII, 1888, p. 91. — H. Abraham et J. Lemoine, *Journal de Physique*, 3ᵉ série, t. IX, 1900, p. 262. — J. James, *Wied. Ann.*, 4ᵉ série, t. XV, 1904, p. 954.

un défaut de simultanéité entre la charge d'un condensateur et la biréfringence de son diélectrique, je me suis attaché à employer une méthode dans laquelle cette simultanéité n'est pas supposée.

Des ondes électriques envoyées en O par un oscillateur E se partagent entre deux lignes formées chacune de deux fils de cuivre de $0^{mm},95$ de diamètre, tendus parallèlement l'un au-dessus de l'autre. L'un des fils seulement est dessiné sur la figure, qui représente l'appareil vu d'en haut.



La première ligne OABD aboutit à un petit condensateur C_1 enfermé dans un tube rempli de sulfure de carbone. Les armatures, dont les plans sont *verticaux*, ont 5^{cm} de longueur et $0^{cm},3$ de hauteur; leur distance est $0^{cm},15$. La seconde ligne OFGHIJ aboutit à un condensateur C_2 identique au premier.

Les plans des armatures sont *horizontaux*. La distance $C_1 C_2$ des deux condensateurs est $1^{m},18$. Une coulisse analogue à celle des trombones permet de faire varier d'une manière continue la longueur de chacun des fils de la ligne.

Les deux condensateurs sont disposés entre deux nicols croisés, dont les sections principales sont inclinées à 45° sur l'horizon. Un condenseur de lumière formé d'une lentille convergente et d'une lentille divergente envoie la lumière d'une source S entre les armatures des condensateurs. Le faisceau utile est limité par des diaphragmes en papier noir collés contre les lames de verre mince qui ferment les tubes contenant les condensateurs. L'ouverture de ces diaphragmes est une fente orientée parallèlement aux plans des armatures du condensateur correspondant. Une lunette L est mise au point sur la fente la plus éloignée.

Lorsque le condensateur C_1 est chargé par les ondes électriques qui lui arrivent, la lumière qui le traverse est dépolarisée ; elle se propage jusqu'au condensateur C_2, si au moment où elle l'atteint la force électrique y a exactement la même valeur qu'elle avait dans C_1, la polarisation rectiligne est rétablie puisque les deux condensateurs sont croisés; le nicol analyseur ne laisse pas passer de lumière. Cette condition est remplie si le temps employé par les ondes électriques à parcourir la ligne OC_1, augmenté du temps que la lumière met à franchir l'intervalle C_1C_2, est égal au temps pendant lequel les ondes électriques se propagent de O en C_2. Si ce dernier intervalle de temps est différent, le second condensateur ne compense pas exactement la dépolarisation due au premier et l'analyseur laisse passer de la lumière.

On détermine d'abord la longueur de la ligne OC_2 pour laquelle la lumière est éteinte. Il suffit d'observer l'image vue dans la lunette et de chercher la position de la coulisse qui correspond à sa disparition. L'extinction n'est jamais complète à cause de la légère dépolarisation par les lames de verre qui ferment les tubes enfermant les condensateurs; mais pour obtenir une disparition complète, il suffit de laisser un peu de lumière dans le laboratoire. La position de la coulisse pour laquelle l'image s'éteint se détermine à moins de $0^{cm},5$ près. Un défaut de simultanéité possible des variations de la biréfringence et de celles de la force électrique n'interviendrait pas dans cette mesure, puisque les deux condensateurs reçoivent des ondes électriques identiques entres elles.

Pour comparer la vitesse de la lumière à celle des ondes électriques, on rapproche les deux condensateurs de façon à réduire leur distance de 1^m et, en enfonçant la coulisse, on cherche à nouveau l'extinction de la lumière. La longueur dont il faut diminuer la coulisse est le chemin parcouru par les ondes hertziennes pendant le temps que la lumière met à franchir 1 mètre.

Des expériences faites en utilisant des ondes électriques de $0^m,85$ de longueur produites par un oscillateur circulaire de Blondlot de 8^{cm} de diamètre, immergé dans l'huile de vaseline, ont donné pour cette diminution de longueur $0^m,994$.

Des expériences faites avec des ondes de $1^m,80$ de longueur d'un petit excitateur genre Lecher, plongé dans l'huile, ont donné $0^m,990$.

Les longueurs d'onde peuvent se mesurer en enfonçant ou retirant la coulisse, à partir de la position d'extinction, jusqu'à ce qu'on obtienne un minimum de lumière.

Pour opérer sur un parcours de lumière plus long et égal à 2^m, j'ai

varié un peu l'expérience. Les condensateurs étant d'abord près l'un de l'autre, on détermine la longueur de coulisse qui donne l'extinction. On éloigne ensuite le condensateur C_2 de 2^m, mais en même temps on supprime sur chacun des fils de la ligne OC_2 une longueur de 2^m. Si les vitesses de propagation des ondes lumineuses et électriques sont égales, la position de la coulisse qui correspond à l'extinction ne change pas; or j'ai trouvé que pour les ondes de $0^m,85$ de longueur, il fallait réduire la longueur de la coulisse de $0^m,012$, et, pour les ondes de $1^m,80$, de $0^m,022$.

De ces diverses expériences, on conclut que les vitesses de propagation de la lumière et des ondes électriques le long de fils de cuivre de $0^{mm},95$ de diamètre sont égales à moins de $\frac{1}{100}$ près pour les ondes de $0^m,85$ de longueur et à $\frac{1}{100}$ près environ pour les ondes de $1^m,80$. Ces faibles différences sont à la limite de précision des mesures, mais on remarquera toutefois que la vitesse des ondes électriques a toujours été trouvée un peu inférieure à celle de la lumière. D'autres expériences en cours d'exécution m'ont permis d'opérer à des distances plus longues et d'étudier ces faibles différences de vitesse.

Des oscillations électriques très intenses sont nécessaires dans les expériences que je viens de décrire. Pour les obtenir, je produis l'étincelle excitatrice, qui jaillit dans l'huile de vaseline au moyen d'un transformateur de Tesla T dans le primaire duquel passe la décharge des armatures externes de deux batteries de 6 jarres L_1 et L_2. Les armatures internes sont reliées, d'une part, à un éclateur à étincelles dont les électrodes sont des charbons de lampes à arc; d'autre part, à une grosse bobine de Rhumkorff dans le primaire de laquelle on envoie des courants alternatifs de fréquence 50.

Comme source de lumière, je me suis servi soit d'une lampe de Nernst, soit de préférence de la grosse étincelle de décharge des batteries, laquelle, à cause de sa longue durée d'oscillations, peut être considérée comme une source de lumière constante. Ces deux procédés d'éclairage donnent les mêmes résultats, mais le second est plus avantageux, car il fournit une lumière très intense au moment seulement où l'on en a besoin. La dépolarisation du faisceau par les lames de verre interposées est alors moins gênante que si l'on emploie une lampe qui éclaire constamment.

PHYSIQUE. — *Sur le magnéton dans les corps solides paramagnétiques.* Note de M. PIERRE WEISS, présentée par M. J. Violle.

Dans une précédente Note, page 367, j'ai montré avec quelle exactitude la même partie aliquote commune (le magnéton-gramme) se retrouve dans les saturations absolues mesurées sur les métaux eux-mêmes aux très basses températures et dans celles qui sont calculées à partir des coefficients d'aiman-

tation des solutions paramagnétiques étendues. Je me propose de rechercher s'il en est encore de même dans les combinaisons paramagnétiques solides.

I. M. Urbain a déterminé les coefficients d'aimantation de 6 terres rares [1] desquels on déduit les données contenues dans le Tableau suivant où les notations sont celles de la page 367 :

Substance : Sesquioxyde de	σ_m saturation moléculaire.	$n = \frac{\sigma_m}{1123,5}$.	n' nombre entier.	$n' - n$.	$\frac{n' - n}{100 n}$.
1. Néodyme.......	20250	18,024	18	—0,024	0,13
2. Samarium......	9105	8,015	8	—0,015	0,19
3. Europium......	20223	18,398	18	—0,398	2,2
4. Gadolinium	46063	40,971	41	+0,029	0,07
5. Terbium	56160	49,986	50	+0,014	0,03
6. Dysprosium....	62680	55,790	56	+0,210	0,37

Sauf pour l'europium, sur lequel je reviendrai plus loin, la différence entre le nombre de magnétons trouvé expérimentalement et le nombre entier est attribuable à une très petite erreur expérimentale (dernière colonne). Mais pour le dysprosium cette divergence est encore trop grande pour que l'observation ait une valeur démonstrative; c'est une conséquence du nombre élevé des magnétons. Restent donc les observations 1, 2, 4, 5, pour lesquelles la concordance avec le nombre entier est extrêmement frappante.

On peut encore, sans faire aux connaissances antérieures d'autre emprunt que la suppression de l'europium, déduire des seules terres rares une valeur du magnéton. La considération des deux plus petites saturations moléculaires, qui sont visiblement dans le rapport relativement simple de 9 : 4, donne une valeur provisoire d'une partie aliquote qui permet de trouver sans ambiguïté les valeurs de n. Puis, en utilisant les cinq observations, on trouve

$$1122,7,$$

nombre qui ne diffère que de $\frac{7}{10000}$ de la valeur

$$1123,5$$

admise jusqu'à présent à la suite des expériences sur les métaux eux-mêmes aux très basses températures.

II. Je dois à l'obligeance de M^lle E. Feytis les mesures inédites de coef-

[1]) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1286.

ficients d'aimantation de corps solides au moyen desquelles a été calculé le Tableau suivant :

	Substance.	σ_m saturation moléculaire.	$n = \frac{\sigma_m}{1123,5}$.	n' nombre entier.	$n' - n$.	$\frac{n'-n}{100n}$.
7.	$FeCl^3$ sublimé	32400	28,83	29	+0,17	+0,58
8.	$FeCl^3$, $2NH^4Cl$, H^2O	30330	26,99	27	+0,01	+0,03
9.	FeF^3, $3NH^4F$	32660	28,94	29	+0,06	+0,46
10.	FeF^3, $2NH^4F$, H^2O	32800	29,19	29	−0,19	−0,64
11.	FeF^3, $3H^2O$	23860	21,23	21	−0,23	−1,10
12.	Acétylacétonate ferrique	28150	25,05	25	−0,05	−0,21
13.	Mn^3O^4	20190	17,97	18	+0,03	+0,16
14.	$CrCl^3$	22510	20,04	20	−0,04	−0,18
15.	Acétylacétonate cobalteux	23730	21,12	21	−0,12	−0,55
16.	$[Cr(NH^3)^6][Cr(C^2O^4)^3]$	22650	20,16	20	−0,16	−0,80
17.	$[Cr(NH^3)^4(C^2O^4)][Cr(NH^3)^2(C^2O^4)^2]$	22650	20,16	20	−0,16	−0,80

Toutes les différences de l'avant-dernière colonne sont plus petites que 0,25 et la plupart ne sont que d'un petit nombre de centièmes. La loi de la partie aliquote commune à toutes les saturations moléculaires absolues se retrouve donc encore dans ces corps à l'état solide, au degré de précision des expériences.

III. Métaux ferro-magnétiques au-dessus du point de Curie. — Des mesures récentes, par Weiss et Foëx, ont donné un certain nombre de constantes de Curie qui fournissent autant de déterminations de la saturation moléculaire absolue.

a. Nickel. — Deux constantes de Curie ont été observées, l'une directement, dans un intervalle de 700°, l'autre indirectement comme limite des constantes de Curie des ferro-nickels réversibles, variant linéairement en fonction de la teneur. Elles donnent 8,027 et 9,010 magnétons, c'est-à-dire des nombres entiers.

b. Fer. — Comme Curie l'avait remarqué, le coefficient d'aimantation du fer varie brusquement d'une quantité finie au passage du fer β au fer γ, et du fer γ au fer δ. La région β se décompose en deux, β_1 et β_2, dont chacune a sa constante de Curie. Dans la région γ on trouve une nouvelle constante de Curie, puis une quatrième dans la région δ; mais cette dernière, qui exige des mesures au-dessus de 1400°, n'est connue que quant à son ordre de grandeur. En conservant l'hypothèse faite jusqu'à présent : deux degrés de liberté par atome, on trouve : fer β_1, 20,92 magnétons; fer β_2, 17,38 magnétons; fer γ, 28,23 magnétons; si ces nombres devaient être

entiers, il faudrait invoquer des erreurs d'expérience peu vraisemblables.

Si, au contraire, on admet que plusieurs atomes de fer sont reliés les uns aux autres d'une manière rigide pour former la molécule, ont obtient des nombres différents. Parmi les hypothèses possibles, j'en ai trouvé une qui satisferait d'une manière remarquable à la condition des nombre entiers de magnétons. Elle consiste à admettre pour le fer β une molécule rigide Fe^3; pour le fer γ, une molécule Fe^2; et pour le fer δ, une molécule Fe. On trouve alors : pour le fer β_1, 12,08; pour le fer β_2, 10,04; pour le fer γ, 19,95 magnétons par atome.

Cette constitution sera définitivement établie lorsqu'une nouvelle mesure aura confirmé la valeur de la constante de Curie du fer γ, encore un peu incertaine, et qu'une détermination de celle du fer δ sera venue compléter la démonstration. Mais on voit dès à présent comment le magnéton peut à son tour servir de moyen d'investigation de la structure moléculaire.

Il est possible que l'exception rencontrée plus haut dans le cas de l'europium doive s'expliquer de la même manière : si l'on admet que deux atomes d'europium sont reliés d'une manière rigide, on trouve pour chacun d'entre eux 13,02 magnétons, ce qui est un nombre entier avec toute la précision désirable.

ANALYSE SPECTRALE. — *Méthode spectrophotométrique de dosage du krypton.* Note de MM. **Ch. Moureu** et **A. Lepape**, présentée par M. H. Deslandres.

La seule méthode qui, jusqu'à ce jour, ait été appliquée au dosage du krypton, est fondée sur la séparation intégrale de ce gaz par distillation fractionnée. Elle a été mise en œuvre par Sir W. Ramsay lors de la détermination des proportions des divers gaz rares dans l'air atmosphérique (*Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXI, 1903, p. 421). Étant donnée la faible teneur en krypton des mélanges gazeux naturels, un procédé de ce genre exige le traitement d'énormes quantités de gaz.

A la suite de multiples essais, nous avons réussi à instituer une méthode spectrophotométrique de dosage de minimes quantités de krypton, tout en opérant sur un volume de gaz très restreint.

I. Elle est basée sur les faits suivants :

1. L'extrême sensibilité spectrale du krypton, en particulier de ses raies jaune 5871,12 et verte 5570,50; 2° l'accroissement régulier de l'intensité de la raie jaune du krypton dans le spectre d'un mélange d'argon et de krypton où la concentration de

ce dernier augmente graduellement à partir d'une valeur très petite; 3° la situation de cette raie dans la région du spectre où l'œil possède son maximum de sensibilité, et surtout sa position bien isolée, entre des raies de l'argon de même nuance (5888,79; 5882,88; 5860,54) et d'intensités différentes.

En principe, la méthode consiste à apprécier l'intensité de la raie jaune 5871,12 du krypton dans des conditions parfaitement bien déterminées, et à comparer l'intensité observée à celle fournie, dans les mêmes conditions, par des mélanges d'argon et de krypton contenant des proportions connues de krypton. Les mélanges où l'on se propose de doser le krypton doivent, les gaz courants ayant été préalablement et intégralement éliminés, être des solutions de krypton dans un grand excès d'argon, de faibles quantités des autres gaz rares étant d'ailleurs sans inconvénients.

2. Pour réaliser des mélanges argon-krypton contenant des quantités connues de krypton, nous nous sommes adressés à l'argon de l'air qui, à l'état brut, constitue, comme on le sait, une solution titrée invariable de krypton. Nous avons d'abord préparé de l'argon privé de krypton, et, pour cela, nous avons soumis de l'argon brut de l'air (hélium, néon, argon, krypton, xénon) à de nombreux fractionnements au moyen du charbon de bois refroidi. Le gaz ainsi obtenu retenait ses faibles proportions d'hélium et de néon, mais il était pratiquement exempt de krypton et de xénon. A cet argon privé de krypton on ajoutait ensuite 5, 10, 15, ..., 30 pour 100 d'argon brut de l'air, c'est-à-dire du krypton titré.

3. Pour obtenir, avec ces mélanges, la ligne jaune du krypton avec une intensité comparable à celle des lignes voisines de l'argon, on enrichit une partie du gaz en krypton en faisant circuler le tout sur du charbon de noix de coco [1] refroidi à $-23°$ (chlorure de méthyle bouillant), et l'on ne conserve que la fraction de gaz fixée par le charbon. Cette fraction est introduite finalement dans un tube de Plucker. Ainsi que nous l'expliquerons en détail dans un autre Recueil, nous avons pu réaliser des conditions expérimentales telles, qu'en opérant sur un même volume de mélange initial, on obtenait toujours, dans le même tube de Plucker, sensiblement la même pression gazeuse.

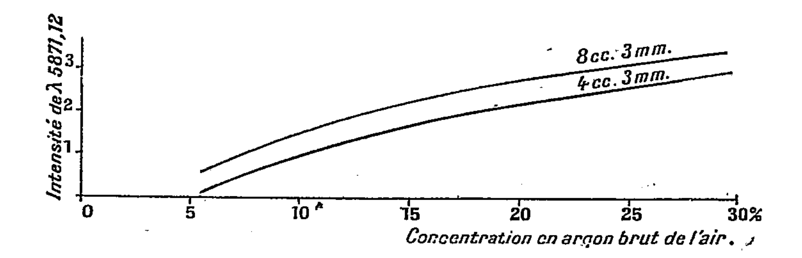
4. L'examen spectrophotométrique est effectué au moyen d'un simple spectroscope à vision directe (modèle de M. Jobin). Nous avons adopté, pour raies de comparaison, des raies prises dans le spectre lui-même : les deux raies de l'argon 5912,31 et 5860,54, très voisines de la raie jaune du krypton 5871,12. Étant donné, en effet, que nous opérons dans des conditions toujours identiques, et que la quantité de krypton, *seul élément variable d'une expérience à l'autre*, est, dans tous les cas, négligeable devant celle de l'argon, chaque raie de l'argon garde toujours sa même intensité.

5. Pour étalonner l'appareil, on y introduit successivement un même volume d'argon, contenant 5, 10, 15, 20, 30 pour 100 d'argon brut de l'air, et l'on note l'intensité de la raie du krypton observée dans chaque cas. Les courbes ci-jointes représentent les résultats obtenus en opérant sur 4^{cm^3} et 8^{cm^3}, et en examinant le spectre sous une pression de 3^{mm}.

---

[1] On sait tout le parti qu'a su tirer Sir J. Dewar de l'usage du charbon de noix de coco pour les fractionnements de gaz (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 1904).

En possession de ces courbes, nous pouvons effectuer un dosage de krypton dans un mélange de gaz quelconque. Il suffit, pour cela, de préparer une dilution connue des gaz rares *lourds* (argon, krypton, xénon) extraits de ce mélange dans de l'argon privé de krypton, et de traiter 4$^{cm^3}$ ou 8$^{cm^3}$ de cette solution gazeuse. L'intensité de la raie 5871,12 obtenue fait immédiatement connaître quelle est la quantité d'argon brut de l'air qui contient la même dose de krypton que le volume de gaz rares lourds examinés. Puis, de la proportion de krypton dans l'argon de l'air, déterminée par Sir W. Ramsay, on peut déduire, en valeur absolue, la quantité de krypton contenue dans le gaz étudié.



6. Pour réduire le plus possible l'erreur inhérente à l'appréciation de l'intensité de la ligne du krypton, nous réalisons toujours, grâce aux indications d'une ou deux expériences préliminaires, une concentration en gaz lourds (argon, krypton, xénon) équivalente à la concentration en argon brut de l'air qui donne l'égalité d'intensité des lignes du krypton 5871,12 et de l'argon 5860,54. L'erreur relative, de ce chef, ne doit pas dépasser $\frac{1}{10}$.

La quantité minima de krypton que nous pouvons ainsi doser dans 4$^{cm^3}$ du mélange argon-krypton est voisine du millième de millimètre cube, soit, en poids, 4 millioniemes de milligramme; ce qui, pour la concentration en krypton, correspond, en volumes, à 2,5 dix-millioniemes, et, en poids, à 5,6 dix-millioniemes. On pourrait d'ailleurs, en réduisant les dimensions de l'appareil, reculer encore notablement cette limite.

Notre méthode est tributaire, quant à la valeur absolue des résultats, de la connaissance préalable de la teneur de l'air en krypton. Nous avons l'intention d'en faire, dans la suite, une méthode absolue, en étalonnant l'appareil avec des solutions titrées de krypton pur dans de l'argon pur.

7. Dans toutes nos opérations, le krypton est accompagné du xénon. La seule raie de ce dernier qui, dans les conditions de nos expériences, semble utilisable pour le dosage, est la raie bleu indigo 4671,42. Bien que ses variations nous aient paru moins régulières et plus difficiles à apprécier que celles de la ligne jaune du krypton, son étude peut faire connaître au moins l'ordre de grandeur des teneurs en xénon.

PHYSIQUE. — *Sur l'utilisation du procédé d'exploration à l'acétylène pour la mesure de la vitesse du vent et l'étude du champ aérodynamique.* Note de M. A. LAFAY, présentée par M. Vieille.

Les puissantes souffleries dont on fait actuellement usage dans les laboratoires, pour étudier les lois de l'écoulement de l'air autour des corps, fournissent des courants dont la vitesse est assez difficile à mesurer. On emploie le plus souvent pour effectuer cette détermination, soit un anémomètre à moulinet convenablement taré par la méthode du manège, soit un tube de Pitot. Or, les résultats fournis par ces deux instruments sont presque toujours discordants; en particulier, avec la soufflerie dont je me sers actuellement et qui est précisément celle avec laquelle M. Rateau a exécuté ses belles recherches d'aérodynamique (¹), les écarts observés atteignent près de 25 pour 100.

Le procédé qui se présente naturellement à l'esprit comme susceptible de donner des résultats rigoureux, consisterait à abandonner, en temps opportun, dans le courant, un corps blanc très léger dont on inscrirait les déplacements à l'aide d'un appareil chronophotographique approprié. Malheureusement, la mise en œuvre d'une telle méthode présente de nombreuses difficultés pratiques et nécessite l'emploi d'appareils délicats et coûteux.

J'ai pu atteindre, beaucoup plus simplement, le même résultat en utilisant les propriétés réfringentes de l'acétylène dont j'ai déjà signalé des applications dans une précédente Note (²).

Il suffit en effet de couper périodiquement le jet d'acétylène introduit dans le torrent d'air pour que la production d'une étincelle électrique éloignée vienne peindre sur la plaque photographique des nébulosités régulièrement espacées. Le quotient de la distance qui les sépare par le temps qui s'écoule entre deux interruptions donne alors directement la vitesse cherchée.

Ces interruptions s'obtiennent d'ailleurs très facilement par la rotation uniforme d'un disque percé de trous équidistants dont la bande perforée glisse à frottement doux entre deux tubes placés bout à bout. On peut de cette manière produire facilement 600 à 700 coupures par seconde et avoir un nombre suffisant de renforcements du jet sur une épreuve de dimensions modérées.

Les observations faites par cette méthode montrent que, comme on

(¹) *Comptes rendus*, t. 148, juin 1909, p. 1662, et t. 149, juillet 1909, p. 260.

(²) *Comptes rendus*, 6 février 1911, p. 318.

devait s'y attendre en raison de la turbulence du courant, la vitesse n'est pas constante, mais oscille autour d'une valeur moyenne. Par exemple la pression indiquée par le tube de Pitot étant de 5^{mm}, on a observé des distances qui donnaient, dans l'ordre même de leur succession, les vitesses suivantes :

m 11,7	m 13,2	m 11,0	m 11,0		
10,3	11,0	12,5	11,7	$11^m,7$	
11,0	11,0	10,3	10,3	$11^m,0$	$11^m,0$

La moyenne $11^m,3$ de ces nombres est supérieure de $2^m,3$ à la vitesse $9^m,0$ déduite de l'indication du tube de Pitot. Dans le même courant, un anémomètre à moulinet donnait $11^m,1$.

Des comparaisons analogues ont été faites pour diverses vitesses et sont résumées dans le Tableau ci-dessous :

	Vitesses d'un même courant d'air.			
	m	m	m	m
Avec le tube de Pitot............	9,0	13,5	19,5	24,0
Avec un anémomètre à moulinet..	11,1	16,5	23,4	30,3
Par la méthode photographique (résultats moyens).............	11,3	16,0	22,5	29,0

Il est clair que les divergences entre les nombres indiqués ci-dessus doivent dépendre des régimes propres à chaque soufflerie et peuvent varier d'un appareil à l'autre. L'avantage de la méthode que je viens d'indiquer consiste précisément en ce qu'elle est suffisamment exacte et en même temps assez commode pour que l'on n'hésite pas à la mettre en œuvre pour dresser la table de comparaison relative aux instruments dont on dispose.

Je terminerai cette Note en indiquant pour l'exploration du champ aérodynamique une méthode un peu différente de celle que j'ai précédemment fait connaître.

Lorsqu'on emploie l'éclat instantané de l'étincelle pour photographier le jet d'acétylène introduit dans un courant turbulent, on obtient une image qui rappelle l'aspect de la fumée chassée par un vent violent. Dès que l'action de la source lumineuse n'est plus instantanée, comme c'est par exemple le cas pour la lumière de l'arc électrique interceptée par un obturateur photographique rapide, on obtient sur la plaque une série de traits qui donnent au jet un aspect fibreux.

Ce phénomène provient de ce que la configuration des petits nuages en lesquels se résout l'acétylène changeant lentement par rapport à la vitesse de translation d'ensemble qui les entraîne, chacun d'eux inscrit sur la plaque la perspective de la portion de trajectoire qu'il a parcouru pendant la durée de l'éclairement.

Cette particularité permet d'obtenir d'un seul coup une indication d'ensemble sur la direction du fluide dans tout le champ aérodynamique en substituant à des jets séparés une lame d'acétylène continue qu'on introduit dans le courant à l'aide d'une buse plate convenablement orientée dans la direction du vent et assez large pour envoyer du gaz dans tout l'espace à explorer.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'abaissement des différences de potentiel de contact apparentes entre métaux par suite de l'enlèvement des couches d'humidité adhérentes.* Note de M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

Ayant été amené par des recherches précédentes [1] à envisager l'action de très faibles couches d'humidité à la surface des métaux dans certains effets de frottement, j'ai été conduit à étudier les variations de la force électromotrice de contact apparente entre deux plateaux métalliques sous l'influence de couches d'humidité adhérentes à ces surfaces.

La question de la variation de la force électromotrice de contact apparente entre métaux a fait l'objet de nombreux travaux [2], plusieurs auteurs et notamment Brown, Greinacher, Warburg ont nettement conclu au rôle prédominant de la couche d'humidité superficielle à conductibilité électrolytique.

Dans un Mémoire récent, M. Beil [3] a rattaché à la même cause un effet autrefois observé par Pellat au sujet d'une modification des surfaces par exposition au voisinage de certains métaux tels que le plomb. Ce phénomène se comprend bien : si la différence de potentiel dépend de la concentration de la couche d'humidité, à conductibilité électrolytique, qui adhère à la surface du métal, on conçoit qu'en présence d'une autre couche analogue de concentration différente, l'inégalité des tensions de vapeur amène une distillation de l'eau et finalement une variation des concentrations initiales.

Les résultats que j'ai obtenus conduisent également à attribuer la presque totalité des différences de potentiel de contact apparentes entre métaux aux couches d'humidité superficielles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 1, 1910, p. 1115.

(2) Voir résumé et bibliographie dans le *Traité de Physique* de M. Chwolson, t. IV, fasc. 1.

(3) *Annalen der Physik*, avril 1910.

Des procédés très divers ont été employés pour faire varier ou pour enlever autant que possible cette couche d'humidité; nous citerons notamment les procédés suivants :

A. J'ai soumis les métaux à une cuisson dans l'huile de vaseline (méthode employée par Brown pour le couple Zn-Cu). On obtient ainsi une forte réduction et souvent la disparition presque complète de la différence de potentiel de contact apparente entre le platine pris comme étalon et le cuivre, le fer, l'acier, le nickel, le zinc, l'aluminium.

B. Le lavage à la benzine réussit, mais sans régularité; un échantillon de benzine a donné des résultats très remarquables, conduisant toujours rapidement à des différences de potentiel de contact presque nulles, sans doute à cause d'une impureté moins volatile qui isolait ultérieurement la surface de l'air extérieur; nous avons vérifié en effet que l'influence considérable des dépôts d'humidité ne se fait presque plus sentir si les surfaces métalliques sont séparées de la couche électrolytique par une mince épaisseur d'isolant (vernis, huile de vaseline, etc.); toutefois, on ne peut considérer ces procédés de lavage comme donnant des résultats certains.

C. La méthode qui nous a paru donner les résultats les plus réguliers a consisté à employer une grande enceinte d'environ 1^{m^3} capacité, où l'air était maintenu desséché par du chlorure de calcium. Les manœuvres intérieures se faisaient au moyen de commandes électriques et de gants en caoutchouc faisant corps avec l'appareil.

La marche d'une opération consistait à décaper, à l'intérieur de l'enceinte sèche, les surfaces métalliques à l'aide de toile émeri et de papier fin, le tout étant resté depuis un certain temps dans l'atmosphère desséchante. On portait ensuite le plateau de métal à une température variable de 100° à 400° au moyen d'un réchaud électrique et on le laissait refroidir dans l'air sec.

La méthode de mesure a toujours été la compensation de la différence de potentiel à mesurer par une force électromotrice prise sur un potentiomètre en employant un électromètre Curie comme appareil de zéro.

Les expériences ont porté sur les métaux suivants, comparés à un plateau étalon de laiton recouvert d'une dorure épaisse : argent, platine, fer, acier, zinc, nickel, cuivre, aluminium, étain, plomb, bismuth. La différence de potentiel initiale était de l'ordre du volt dans la plupart des cas, et se trouvait ramenée à quelques centièmes de volt seulement sans qu'on puisse affirmer si ce résidu ne pourrait être encore abaissé par une dessiccation plus parfaite.

Il a paru aussi que, dans une atmosphère sèche, des altérations très visibles des surfaces modifient beaucoup moins les différences de potentiel de contact que dans les conditions ordinaires; certains métaux, le fer, le zinc, se traitent très facilement; d'autres comme l'aluminium résistent davantage, sans doute à cause de la couche imperméable d'oxyde qui les recouvre.

En résumé les expériences que nous venons de citer, et qui ne représentent qu'une contribution à l'étude d'une question très délicate, sont de nature à confirmer l'opinion que les différences de potentiel de contact apparentes entre métaux ne doivent pas être considérées comme de l'ordre du volt; mais seulement de quelques centièmes de volt, quand les surfaces employées sont étudiées dans des conditions de dessiccation suffisante.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelles applications des ampoules à bas voltage.* Note de M. **Dussaud**, présentée par M. Branly.

Je me suis proposé d'appliquer aux usages les plus divers la lumière extraordinairement vive que j'ai obtenue par l'incandescence du tungstène dans le vide parfait, sous l'action d'un faible courant électrique (15 volts 1 ampère).

La main, mise en contact avec cette source lumineuse, devient aussi transparente qu'avec un arc de 110 volts 30 ampères, sans souffrir comme avec celui-ci d'une chaleur absolument insupportable; la chair et les os prennent l'apparence de corps translucides roses et blanchâtres sur lesquels se détachent en bleu violet les vaisseaux sanguins.

L'œil ne supporte que peu d'instants les rayons lumineux, même après qu'ils ont traversé la main dans sa partie la plus épaisse; la lumière directe serait particulièrement dangereuse et doit être rigoureusement évitée.

La main ainsi éclairée peut être observée au microscope comme une préparation ou projetée comme un cliché et photographiée en couleurs; des corps étrangers y seraient reconnaissables. Des dispositifs spéciaux permettent d'opérer dans des régions plus épaisses.

J'ai lu une lettre entourée dans une enveloppe de 12 bristols et reconnu dans des boîtes en carton des pièces de métal ou des billets de banque.

En appliquant la même source lumineuse aux mégascopes, lanternes de projections, cinématographes, j'ai obtenu avec une ampoule et une pile donnant 15 volts 1 ampère, soit 15 watts, des images atteignant jusqu'à 4^m de largeur; pour les obtenir avec l'arc, il me fallait des courants de 110 volts 30 ampères, soit 3000 watts. L'économie d'énergie électrique était donc de 200 fois.

Je me suis enfin servi de cette ampoule pour remplacer l'éclair du magnésium si incommode par son odeur et sa fumée en commandant le passage du courant dans l'ampoule par la poire de l'appareil photographique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur des transformateurs statiques de fréquence.* Note de M. **Maurice Joly**, présentée par M. J. Carpentier.

La transformation de la fréquence des courants alternatifs n'a pas encore été réalisée d'une façon pratique avec des appareils purement statiques. Le système qui fait l'objet de cette Note permet la multiplication statique de la fréquence dans des conditions de rendement industrielles : l'appareil est un doubleur de fréquence.

Doubleur de fréquence. — Imaginons deux transformateurs identiques et présentant chacun trois enroulements A, B et C (*fig.* 1). Les enroulements A, constituant le primaire, sont réunis en série et alimentés par le réseau. Les enroulements B et C sont réunis aussi en série, mais de façon que les forces électromotrices de la fréquence primaire induites soient en opposition. Le circuit B constitue le secondaire. Le circuit C est parcouru par un courant continu auxiliaire et une self d'arrêt convenable rend négligeable le courant alternatif qui y est induit. On constate dans ces conditions la production dans le secondaire de forces électromotrices uniquement d'ordre pair.

En effet, soient φ le flux magnétique dans le premier transformateur, φ' le flux dans le second, l'orientation des vecteurs correspondants étant déterminée par le sens des courants primaires. Il est évident que φ et φ' sont la même fonction périodique décalée d'une demi-période principale. Si l'on a, de la façon la plus générale,

$$\varphi = a_0 + a_1 \sin \omega t + a_2 \sin(2\omega t + \alpha_2) + a_3 \sin(3\omega t + \alpha_3) + \ldots,$$

on aura

$$\varphi' = a_0 - a_1 \sin \omega t + a_2 \sin(2\omega t + \alpha_2) - a_3 \sin(3\omega t + \alpha_3) + \ldots;$$

ce qui donne, pour le flux total secondaire,

$$\varphi + \varphi' = 2[a_0 + a_2 \sin(2\omega t + \alpha_2) + a_4 \sin(4\omega t + \alpha_4) + \ldots].$$

On voit donc que le secondaire ne donne que des forces électromotrices d'ordre pair. Pratiquement, il ne s'agit que de l'harmonique 2 et, à un degré moindre, de l'harmonique 4.

Il est possible d'étudier *a priori* les conditions de fonctionnement d'un semblable appareil d'une façon approchée et en supposant les fuites magnétiques négligeables. Il nous suffit pour cela de représenter l'état magnétique du fer par une fonction approximative des courants qui circulent dans

les différents enroulements. On a admis que pour chaque circuit magnétique on avait la relation

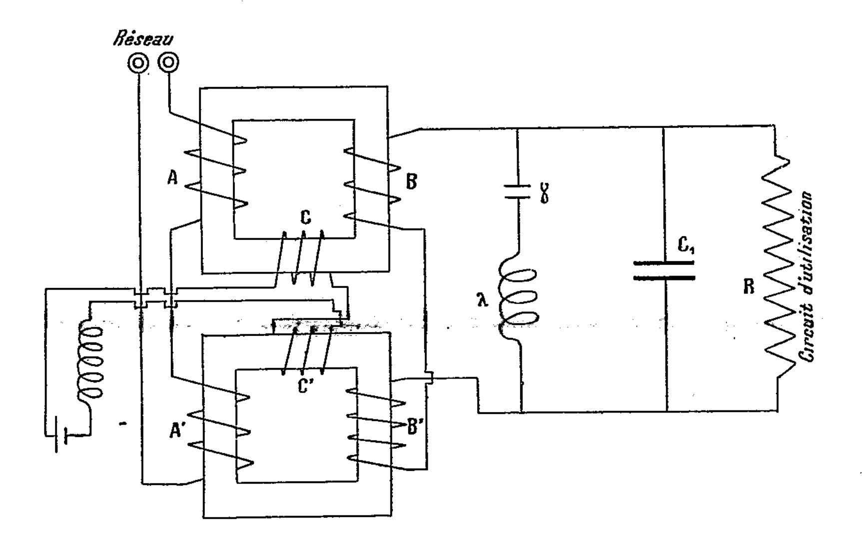
$$NI = A\varphi + B\varphi^3,$$

NI représentant les ampères-tours, φ le flux, A et B des constantes relatives aux fers généralement employés et dont la valeur en unités C. G. S. est

$$A = \frac{l}{s} 10^{-4},$$

$$B = \frac{l}{s^3} 4 . 10^{-13},$$

l et s étant la longueur et la section du circuit magnétique.



En désignant par $N_1 I_1$ les ampères-tours primaires, $N_2 I_2$ les ampères-tours secondaires, K les ampères-tours du courant continu, on peut écrire pour le premier transformateur

$$N_1 I_1 + N_2 I_2 + K = A\varphi + B\varphi^3,$$

et pour le second

$$N_1 I_1 + N_2 I_2 + K = A\varphi' + B\varphi'^3.$$

Ces deux formules, convenablement discutées, permettent de calculer la valeur du courant primaire, son décalage, la valeur de la force électromotrice secondaire, sa phase par rapport à celle de la tension primaire, enfin le courant secondaire et son décalage.

On peut en particulier arriver aux résultats suivants, qui mettent en évidence les propriétés principales des doubleurs de fréquence.

1° Si l'on appelle W_2 l'énergie secondaire, on peut mettre son expression sous la forme

$$W_2 = 12 \times 10^{-13} \times \omega \times l \times s \times \mathcal{B}_0 \times \mathcal{B}_1^2 \times \mathcal{B}_2 \times \cos\alpha_2,$$

ω étant la pulsation primaire, l la longueur du circuit magnétique, s sa section; $\mathcal{B}_0$, $\mathcal{B}_1$, $\mathcal{B}_2$ les inductions correspondant aux flux a_0, a_1, a_2 dus respectivement aux courants continu, primaire et secondaire; α_2 étant le décalage entre les flux a_1 et a_2.

W_2 est donc proportionnel au produit $l \times s$, c'est-à-dire au volume du fer employé dans les circuits magnétiques.

W_2 est proportionnel à la fréquence (en tenant compte toutefois des pertes par hystérésis et courants de Foucault qui croissent rapidement avec cette fréquence).

W_2 est sensiblement proportionnel au cube de la tension primaire ($\mathcal{B}_2$ croissant sensiblement comme $\mathcal{B}_1$).

W_2 est proportionnel à l'induction produite par le courant continu. Pratiquement ce courant devra porter le fer à une induction telle que la saturation commence à se faire sentir, c'est-à-dire au voisinage du coude de la courbe magnétique.

2° Si l'on considère l'expression de W_2 et aussi celle du flux secondaire a_2 en fonction des conditions du circuit d'utilisation, on voit tout d'abord que a_2 est nul lorsque la résistance d'utilisation est nulle, c'est-à-dire que le transformateur peut être mis sans danger en court-circuit au secondaire; il n'en résulte aucun appel d'énergie au primaire. C'est la propriété utilisée dans l'étouffement des harmoniques parasites.

Il suffit en effet de disposer aux bornes du transformateur un circuit en résonance $\gamma\lambda$ de résistance ohmique négligeable pour annuler la force électromotrice de l'harmonique correspondante dans le secondaire.

3° D'autre part, la théorie permet de traiter les différents cas de débit secondaire. Elle indique en particulier que, si l'on dispose une capacité C en dérivation aux bornes du circuit d'utilisation, la quantité a_2 passe par un maximum lorsque la condition de résonance $LC(2\omega)^2 = 1$ est satisfaite par la capacité (L étant le coefficient de self-induction de l'ensemble des secondaires).

Donc il est avantageux, pour obtenir l'utilisation maximum de l'appareil, de disposer aux bornes du circuit d'utilisation une capacité en résonance avec le secondaire pour la fréquence double.

A titre d'exemple, voici quelques nombres relevés dans un essai à 110 volts (42 ∼) sur un doubleur destiné d'ailleurs à une tension de 2500 volts (500 ∼).

V_1.	I_1.	W_1.	V_2.	I_2.	W_2.	C.	I_c.	ρ.
170^{volts}	23$^{amp.}$	860^{watts}	751^{volts}	0$^{amp.}$,83	623^{watts}	3,6	1,5	0,72

$$R_p = 0^{\omega}, 10; \qquad R_s = 14^{\omega}.$$

Cet appareil devant fonctionner sur étincelle comme transformateur à résonance présente des fuites notables entre primaire et secondaire.

De plus, comme on le voit, les pertes ohmiques sont très importantes et pourraient être sensiblement réduites dans un transformateur calculé pour le rendement maximum, dans les conditions de l'essai. On obtiendrait donc facilement plus de 80 pour 100 en réduisant ces deux causes de perte de rendement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des catalyseurs dans les déterminations de densité de vapeurs.* Note de M. **André Kling**, transmise par M. Troost.

En collaboration avec M. Viard j'ai publié en 1904 [1], pour la différenciation des alcools primaires, secondaires et tertiaires, une méthode basée sur l'inégale résistance de ces divers alcools vis-à-vis de la chaleur. Nous avons montré qu'en déterminant la densité de vapeur d'un alcool à des températures convenablement choisies (218° et 360°), suivant qu'on obtenait une densité normale ou anormale à l'une ou l'autre de ces températures, on pouvait en déduire la classe à laquelle appartenait cet alcool.

A propos d'une contestation soulevée par M. Blaise [2], j'ai été amené récemment à vérifier à nouveau l'exactitude de nos résultats de 1904 et, à cette occasion, j'ai fait quelques observations que je crois indispensable de signaler pour compléter notre Note de cette époque.

Lorsque, dans un tube Meyer, *dont le fond est garni d'une petite couche de sable* [3] (lavé et calciné), on prend la densité de vapeur d'un alcool tertiaire, à la température de 218° (point d'ébullition de la naphtaline), on trouve comme résultat une valeur environ moitié moindre que la valeur normale et qui correspond par conséquent, non pas à la molécule de l'alcool, mais à

---

(1) Kling et Viard, *Comptes rendus*, t. 138, p. 1172.

(2) Blaise, *Ann. de Chim. et de Phys.*, année 1910, p. 176.

(3) Dans nos expériences de 1904, c'est toujours dans ces conditions que nous avions opéré.

la somme des molécules de ses produits de dissociation. Mais si l'on répète la même opération dans un tube bien propre et non garni de sable, on obtient cette fois une valeur normale pour la densité de vapeur, ce qui indique dans ce dernier cas que la molécule d'alcool n'a plus été dissociée en l'absence de sable. On observe une différence analogue quand on opère, à la température de 360° (ébullition de la naphtaline), sur un alcool secondaire en présence ou en l'absence de sable.

Si l'on remplace le sable par du coton de verre on n'obtient pas les mêmes résultats, ce qui permet de conclure que la dissociation ne résulte pas de de l'augmentation des surfaces chaudes en contact avec les vapeurs d'alcool, mais qu'elle a vraisemblablement son origine dans une action catalytique [1].

J'ai vérifié l'exactitude de cette hypothèse en substituant au sable un certain nombre des oxydes dont MM. Sabatier, Mailhe, Senderens, ont prouvé l'action catalytique sur les alcools; j'ai constaté qu'ils agissaient à la façon du sable. Ces divers oxydes possèdent des degrés variables d'activité se manifestant par la plus ou moins grande rapidité avec laquelle ils déterminent la dissociation complète d'une même masse d'un alcool déterminé. Il devient donc possible d'utiliser la détermination des densités de vapeur à la mesure des activités relatives de divers catalyseurs vis-à-vis d'une vapeur déterminée. Il suffit en effet de déterminer cette densité, toutes choses égales d'ailleurs, en présence de poids constant des divers catalyseurs à comparer entre eux et de mesurer au bout d'un même temps le volume occupé par la vapeur. Les valeurs des volumes ou, ce qui revient au même, des rapports $\frac{\textit{densité théorique}}{\textit{densité trouvée}}$, obtenues en présence des divers catalyseurs constituent une série de coefficients mesurant les activités de ces catalyseurs par rapport à la vapeur employée.

En opérant de la sorte, à la température de 218°, avec l'alcool isopropylique et divers catalyseurs (calcinés au rouge vif) et notant les volumes de vapeur après 2 minutes, j'ai obtenu le classement suivant:

Catalyseur.	$\frac{d \text{ théorique}}{d \text{ trouvée}}$.
ThO^2	2,3
ZnO	2,0
Al^2O^3	1,90
Fe^2O^3	1,30
SiO^2	1,20
TiO^2	1,03

---

(1) L'amiante donne des résultats analogues à ceux obtenus avec le sable mais moins nettement accusés.

classement analogue à celui que MM. Sabatier et Mailhe avaient obtenu par un autre procédé en comparant, par rapport à l'alcool éthylique, les activités des catalyseurs ci-dessus indiqués. Cette méthode d'évaluation des activités catalytiques, susceptible de généralisation pour d'autres cas, est exclusivement quantitative; elle permet de constater et de mesurer des activités catalytiques, mais ne renseigne naturellement pas sur le mode de dissociation réalisée.

Les récents travaux de MM. Sabatier et Mailhe me permettent aujourd'hui d'expliquer un fait que nous avions signalé, M. Viard et moi, à savoir que, dans une même classe d'alcool, le premier terme d'une série paraît toujours moins dissociable que les termes suivants.

MM. Sabatier et Mailhe ont en effet montré que l'alcool méthylique, au lieu de se dissocier comme les autres alcools primaires, fournissait de l'oxyde de méthyle et de l'eau. La réaction de dissociation pour cet alcool est donc

$$\underset{4\text{ vol.}}{2CH^3OH} = \underset{2\text{ vol.}}{CH^3OCH^3} + \underset{2\text{ vol.}}{H^2O}.$$

Que l'alcool méthylique soit ou non dissocié, sa vapeur occupe toujours un même volume; donc la densité de sa vapeur reste constante et sa dissociation ne peut être accusée par une variation de cette densité. Pour des raisons analogues il doit en être de même pour les alcools dont les chaînes latérales sont exclusivement formées de radicaux CH^3, d'où l'explication de l'anomalie signalée à leur sujet.

Pour terminer, je ferai remarquer que la présente Note ne fait que confirmer et compléter celle que nous avons publiée en 1904, M. Viard et moi, et qu'elle a principalement pour but de spécifier un point que nous n'avions pas cru utile d'indiquer autrefois, parce que nous en ignorions l'importance : c'est que *dans la détermination des densités de vapeur, en vue de la différenciation des alcools, le tube Meyer doit contenir* $0^g,4$ *à* $0^g,5$ *de sable* (*lavé et calciné*). A cette condition, et seulement alors, les résultats sont exacts et conformes à ceux que nous avons publiés autrefois.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature de l'adhésivité.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai décrit antérieurement sous le nom d'*adhésivité* (*Comptes rendus*, t. 152, p. 369) la singulière propriété que possède l'or brun d'adhérer à lui-même pendant sa période de transformation en or jaune. Ce fait ne

paraît pas être isolé; le platine possède une propriété analogue, et l'on pourra probablement la mettre en évidence dans d'autres métaux.

L'or brun diffère de l'or jaune, non seulement par sa couleur, par sa fragilité, par son adhésivité, mais aussi par sa densité, par son pouvoir magnétique, par tout un ensemble de propriétés physiques et chimiques.

Aussi je considère l'or brun comme une variété β, distincte de l'or ordinaire α. Cette variété est-elle de l'ordre du dimorphisme ou de l'allotropie? La question me paraît de peu d'importance, car si, dans les cas extrêmes tels que l'ozone et l'oxygène, la différence est nette, dans la plupart des cas la limite entre l'allotropie et le dimorphisme est peu précise. En tout cas, l'explication que je propose pour le phénomène de l'adhésivité reste la même qu'il s'agisse d'une variété allotropique ou dimorphique, ou simplement causée par la différence de grosseur des grains cristallins.

L'or brun est stable à froid. Il se produit en effet toutes les fois qu'on libère l'or à basse température de l'un de ses alliages. Ainsi, une dissolution d'or dans du mercure, attaquée par l'acide nitrique, laisse un résidu constitué en majeure partie par de l'or brun.

Au contraire, au-dessus de 700°, cette variété ne peut plus exister et se convertit lentement en or jaune α, seule variété stable à haute température. Entre 300° et 700°, les deux variétés peuvent exister côte à côte; l'or β est métastable et a tendance à se convertir en or α.

Si nous chauffons de l'or β vers 500°, sa transformation sera lente et exigera pour être complète environ 5 à 6 heures, comme nous le montre l'étude de la rétraction. Nous pourrons provoquer ou activer le phénomène en mettant cet or β métastable en contact avec une lame d'or déjà transformée. La modification de cette lame se continuera dans la première, de la même façon qu'un cristal plongé dans une solution sursaturée s'y prolonge et se soude avec elle, quand toute la solution est revenue à l'état solide.

On conçoit dès lors comment le phénomène de l'adhérence ne se produit pas entre deux lames d'or α, ni entre deux lames d'or β, et comment il exige, pour se manifester entre deux lames α et β, que cette dernière soit chauffée à la température où elle est devenue métastable.

La même explication rend compte de ce fait que l'adhésivité s'épuise rapidement au point de la lame où a eu lieu le contact, tandis qu'elle peut encore être manifestée en d'autres points de la même lame.

La transformation de l'or brun en or jaune est-elle réversible? Différents faits tendent à le faire croire; c'est un point sur lequel je reviendrai.

Il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie que présentent les

phénomènes d'adhésivité et de rétraction de l'or brun. L'une comme l'autre ne se manifestent qu'à partir d'une certaine température et cessent plus haut. Toutefois les limites inférieures et supérieures sont plus écartées dans le cas de la rétraction que dans celui de l'adhésivité. Il importe à ce propos de remarquer que les procédés de recherche de ces deux phénomènes n'ont pas la même sensibilité.

Dans l'adhésivité, on constate l'adhérence qui a lieu au seul point de la lame qui a été touché et cela pendant un temps très court, tandis que dans la mesure de la rétraction on totalise la diminution de longueur de toute la lame pendant une durée de plusieurs heures. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que l'adhésivité, pour laquelle la méthode d'exploration est peu sensible, ne puisse être constatée au début et à la fin des températures où elle se produit, c'est-à-dire qu'elle semble avoir un champ plus restreint que la rétraction.

Si l'on rapproche l'un de l'autre ces deux phénomènes, on est amené à considérer la rétraction comme résultant de l'adhérence des deux particules contiguës d'une même lame d'or brun spongieux, qui les rapproche, les soude l'une à l'autre, leur donnant ainsi une cohésion qui fait complètement défaut dans l'or brun.

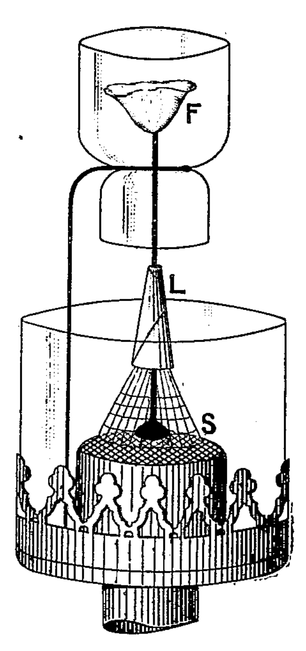
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la modification du mécanisme de la flamme par la combustion convergente.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai montré (*Comptes rendus*, t. 146, p. 539) que l'on peut brûler un mélange gazeux à l'extrémité d'une tige métallique pleine qui semble servir de mèche; mais il est nécessaire pour cela que le combustible ait subi l'action de la combustion convergente, c'est-à-dire qu'il se soit déjà brûlé en partie sans flamme sur un solide incandescent, tel que le platine ou le cuivre. J'ai établi également les lois de ce genre de combustion, d'autant plus vive que le mélange est plus inflammable et explosif (*Comptes rendus*, t. 150, p. 781). C'est l'excès de gaz qui n'a pas été brûlé en combustion convergente qui donne la flamme à l'extrémité de la tige.

Je viens de reconnaître que *cette flamme est constituée à l'inverse de la flamme ordinaire;* le gaz combustible enveloppe le comburant au lieu d'être enveloppé par lui. Il tend à converger vers le comburant, tout comme dans le bas il converge vers le platine incandescent, et c'est ce mouvement de

convergence qui permet d'expliquer que la flamme se maintient sur une pointe, sans que les couches combustibles sous-jacentes s'embrasent. Il devient ainsi manifeste que les molécules gazeuses, sous l'influence de phénomène d'incandescence, ont pris une orientation nouvelle.

On réussit à obtenir la flamme même sur une pointe exiguë, pourvu que l'on soit bien à l'abri des courants d'air; mais, pour faciliter l'expérience, j'ai adopté la disposition figurée ci-dessous :



Appareil pour observer la flamme de la combustion convergente.

L'appareil est un brûleur Auer débarrassé de son manchon et muni d'une tige métallique centrale. Au bas de la tige se trouve une spirale ou un treillis de fil de platine S au-dessus un cône formé d'une lame de platine contournée L, dont l'incandescence est moins vive que celle du fil et qui stabilise ainsi la combustion convergente; enfin l'extrémité supérieure est protégée par un verre de lampe étranglé et raccourci, dont la partie la plus large est tournée vers le haut de manière que l'air supérieur appelé ait facilement accès au centre intérieur.

On commence par allumer le bec pour échauffer le platine, puis on éteint la flamme en pressant sur le tube de caoutchouc du gaz; aussitôt que le tube est décomprimé, le platine devient vivement incandescent, il suffit alors d'approcher une allumette avec précaution de la partie supérieure pour voir apparaître la flamme bleue F. Celle-ci prend la forme d'une tulipe

à paroi mince : elle a de 2^{mm} à 3^{mm} au plus d'épaisseur, tandis qu'elle a 2^{cm} de haut et 3^{cm} à 4^{cm} de large. On remarque aussi que le bord de la tulipe est formé d'un liséré bleu plus foncé que le reste : c'est là le principal foyer d'allumage. Que l'on suppose la flamme bleue d'un Bunsen retroussée sur elle-même de façon que la partie bleue qui enveloppe le cône intérieur soit retournée de dedans en dehors et l'on aura l'idée exacte du phénomène. Il y a là plus qu'une simple analogie. C'est en effet dans cette partie bleue du Bunsen que l'on aperçoit le spectre des hydrocarbures, dit *spectre de Swan;* le liséré bleu ci-dessus, examiné au spectroscope, montre aussi les bandes de ce spectre et, bien que sa teinte soit bleu très pâle, les bandes sont plus marquées que dans la flamme bleue *extérieure* du Bunsen qui est beaucoup plus foncée. Si l'on vise du reste cette flamme extérieure notablement au-dessus de la pointe du cône intérieur, les bandes de Swan n'apparaissent plus, elles ont fait place à une teinte uniforme. C'est pourtant cette partie de la flamme qui seule se colore sous l'influence des vapeurs métalliques et qui permet d'obtenir les spectres des métaux. Il existe, dans la flamme nouvelle que je viens de décrire, une partie correspondante, presque invisible, prenant naissance dans l'intérieur de la tulipe et s'élevant en pointe à la manière de la flamme de Bunsen ordinaire ; elle est très chaude et se colore également sous l'action des vapeurs métalliques.

Le phénomène étant lié à celui de la combustion par incandescence sur le platine, les causes qui agissent pour modifier celle-ci et que j'ai décrites (*Comptes rendus*, t. 148, p. 292) déterminent également la cessation du phénomène et l'allumage de la flamme ordinaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Magnétisme de quelques sels complexes.* Note de M^lle **E. Feytis**, présentée par M. A. Haller.

On sait, depuis les recherches de Wiedemann, que la susceptibilité magnétique moléculaire des substances paramagnétiques, à peu près constante pour les sels simples d'un même métal, est considérablement abaissée quand le métal est engagé dans des combinaisons complexes. M. Pascal a donné de nouveaux exemples de ce fait dans son étude sur les sels de fer (1). Il a mesuré les coefficients magnétiques de ces sels en dissolution par la méthode du tube en U.

(1) Thèse, Paris, 1909.

De mon côté, j'avais obtenu des résultats du même ordre avec d'autres sels, en utilisant la balance de Curie et en opérant sur les corps solides. Lorsqu'on fait des mesures avec des solutions, on admet qu'il y a additivité entre le magnétisme du sel et le magnétisme du solvant. Or cela n'est qu'approximativement exact. Quand on calcule ainsi la susceptibilité du sel anhydre à partir de la susceptibilité de la dissolution dans l'eau, on obtient des nombres qui vont généralement en diminuant au fur et à mesure que la dilution grandit (cas du sulfate de cobalt, du nitrate de dysprosium, etc.), mais qui peuvent aller en augmentant (cas du sulfate de manganèse). Il est difficile, dans ces conditions, d'espérer obtenir des nombres comparables.

J'ai préféré opérer sur des corps cristallisés. Dans le cas des complexes, ce moyen d'investigation de la matière solide est particulièrement avantageux, car ces corps cristallisés sont bien définis, alors que leurs molécules sont plus ou moins désagrégées en solution. C'est pour cette même raison que j'ai mesuré le magnétisme du chlorure ferrique sublimé. Désirant, non pas faire des mesures absolues, mais des observations comparatives propres à manifester des relations chimiques, j'ai surtout visé à opérer sur des corps purs. Des impuretés, même en faible proportion, peuvent, en effet, altérer les mesures jusqu'à rendre toute précision illusoire. Les déterminations ont été faites par comparaison avec une solution de nitrate de nickel étalonnée par M. P. Weiss, pour les forts magnétismes, par comparaison avec l'eau pour les faibles magnétismes. Pas plus au point de vue magnétique qu'au point de vue chimique, il n'y a de séparation nettement marquée entre les sels normaux et les sels complexes. On trouve toutes les transitions possibles entre les valeurs des coefficients d'aimantation de ces deux classes de corps, tant pour les sels de fer que pour ceux du chrome et du cobalt. M. Pascal a constaté dans les cas de sels de fer un parallélisme entre les propriétés magnétiques et les propriétés analytiques. Comme il a opéré sur des sels dissous, on pouvait supposer que cette analogie dépendait de l'état d'ionisation. L'analogie subsiste pour les sels solides, ce qui conduit à penser qu'un commencement de dissociation préexiste dans le cristal. Cela résulte clairement de la comparaison de magnétismes moléculaires des sels cobaltiques lutéo, roséo, purpuréo et praséo. La substitution d'un atome de chlore à une molécule d'ammoniaque, dans l'ion cobaltique complexe $Co(NH^3)^6$, diminue le diamagnétisme ; celle de deux atomes de chlore à deux molécules d'ammoniaque le diminue dans des proportions plus considérables encore. A cet égard, la substitution d'une molécule d'eau à une molécule d'ammoniaque a moins d'action que celle d'un ion négatif.

Des ions négatifs différents ont d'ailleurs des influences différentes, comme on peut le voir dans le Tableau suivant :

Formules des sels.	Poids moléculaires.	Susceptibilités rapportées à l'unité de masse.	Susceptibilités magnétiques moléculaires.
Fe^2O^3	160	$+20,5 \times 10^{-6}$	$+3280 \times 10^{-6}$
$FeCl^3$	162,5	+90,17	+14652
$FeCl^3.H^2O.2NH^4Cl$	287,5	+45	+12937
$FeF^3.3NH^4F$	224	+66,1	+14806
$FeF^3.H^2O.2NH^4F$	205	+73	+14965
$FeF^3.(H^2O)^3$	167	+47,3	+7899
$\left(\begin{matrix}CH^3-CO \\ CH^3-CO\end{matrix}>CH\right)^3 Fe$	353	+43,5	+15355
Mn^3O^4	229	+74,3	+17014
Bi^2O^3	464	−0,187	−86,77
$CrCl^3$	158,5	+44,3	+7021,5
$\left[\begin{matrix}Cr(NH^3)^4 \\ C^2O^4\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}Cr(NH^3)^2 \\ (C^2O^4)^2\end{matrix}\right]+3H^2O$		+24,35	
$[Cr(NH^3)^6][Cr(C^2O^4)^3]+3H^2O$		+24,35	
$[Cr(NH^3)^6][Co(C^2O^4)^3]+3H^2O$		+15,54	
$[Co(NH^3)^6][Cr(C^2O^4)^3]+3H^2O$		+11,65	
$[Co(NH^3)^6]Cl^3$ lutéo	267,5	−0,38	−101,65
$\left[\begin{matrix}Co(NH^3)^5 \\ Cl\end{matrix}\right]Cl^2$ purpuréo	250,5	−0,295	−73,89
$\left[\begin{matrix}Co(NH^3)^4 \\ Cl^2\end{matrix}\right]Cl$ praséo	233,5	−0,022	−5,14
$\left[\begin{matrix}Co(NH^3)^5 \\ OH^2\end{matrix}\right]Cl^3$ roséo	268,5	−0,306	−82,16
$[Co(NH^3)^6]I^3$	542	−0,10	−54,2
$\left[\begin{matrix}Co(NH^3)^5 \\ H^2O\end{matrix}\right]^2(C^2O^4)^3$	588	−0,218	−133,70
$\left[\begin{matrix}CoSO^4H \\ (NH^3)^5\end{matrix}\right]^2 SO^4$	337	−1,33	−44,82
$[Co(NH^3)^6]^2(SO^4)^3.5H^2O$		−0,315	
$\left[\begin{matrix}CoH^2O \\ (NH^3)^5\end{matrix}\right](NO^3)^3+H^2O$		+0,112	
$\left[\begin{matrix}Co-(NH^3)^5 \\ \mid \\ O^2 \\ \mid \\ Co-(NH^3)^5\end{matrix}\right](NO^3)^4+2H^2O$ nitrate oxycobaltiaque		−0,092	
$\left(\begin{matrix}CH^3-CO \\ CH^3-CO\end{matrix}>CH\right)^2 Co$		+30,21	+7764
$PtCl^6K^2$	488	−0,393	−191
$PtCl^6(NH^4)^2$	442	−0,42	−185

Formules des sels.	Poids moléculaires.	Susceptibilités rapportées à l'unité de masse.	Susceptibilités magnétiques moléculaires.
$Pt(CN)^4(NH^4)^2$	335	$-0,44 \times 10^{-6}$	$-147,44 \times 10^{-6}$
$PtCl^4K^2$	415	$-0,356$	$-147,74$
$[Pt(C^2O^4)^2]K^2 + 2H^2O$		$-0,13$	

CHIMIE MINÉRALE. — *Essai de détermination du poids moléculaire de l'oxyde uraneux.* Note de M. **W. Œchsner de Coninck**, présentée par M. Armand Gautier.

Je me suis proposé de déterminer le poids moléculaire de l'oxyde uraneux UO^2; je me suis servi de la réaction de l'hydrogène sur le chlorure d'uranyle, réaction qui devient totale avant le rouge sombre

$$UO^2Cl^2 + H^2 = 2\,HCl + UO^2.$$

Le chlorure d'uranyle a été préparé en attaquant, au rouge sombre, l'oxyde uraneux par un courant de chlore pur et bien sec. Il a été conservé dans un matras scellé, dans lequel j'avais introduit un peu de chlore sec; je l'ai pesé dans une nacelle de porcelaine, qui a été introduite dans le tube à réduction, au moment de l'expérience. Quant à l'hydrogène, il a été soigneusement purifié au moyen du procédé de M. Schobig : il passait à travers deux solutions concentrées de permanganate de potassium, une lessive de soude concentrée, un laveur à acide sulfurique et une éprouvette haute à ponce sulfurique.

Cinq déterminations ont été faites; j'ai adopté pour le chlorure d'uranyle le poids moléculaire de 351,5, nombre d'ailleurs conforme aux indications de la Commission internationale des poids atomiques, laquelle donne pour l'uranium U le Poids 238,5. De ce nombre on déduit pour UO^2 le poids moléculaire théorique 270,5.

Première expérience.

		Poids moléculaire trouvé.
UO^2Cl^2	0g,512	270,33
UO^2	0g,4053	

Deuxième expérience.

		Poids moléculaire trouvé.
UO^2Cl^2	1g,022	270,00
UO^2	0g,808	

Troisième expérience.

		Poids moléculaire trouvé.
UO^2Cl^2	0g,358	269,95
UO^2	0g,283	

Quatrième expérience.

		Poids moléculaire trouvé.
UO^2Cl^2	0g,092	269,86
UO^2	0g,0727	

Cinquième expérience.

		Poids moléculaire trouvé.
UO^2Cl^2	0g,2770	270,20
UO^2	0g,2192	

La moyenne de ces cinq déterminations est égale à 270,07.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation de l'iode par l'eau oxygénée.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'en solution acide les iodures sont oxydés par l'eau oxygénée avec formation d'iode. Ce métalloïde réagit ensuite sur l'excès de l'oxydant et le décompose par catalyse.

Ce dernier phénomène a masqué jusqu'ici une réaction d'oxydation plus avancée, et qui se poursuit lorsque la solution contient du chlore, du brome, ou leurs acides halogénés. Si l'on prend la précaution d'éviter tout dépôt d'iode pendant la réaction, l'eau oxygénée fournit, en présence de traces de ces substances, de l'acide iodique en quantité théorique. Il se forme évidemment un produit intermédiaire, chlorure ou bromure d'iode, qui joue le rôle de catalyseur dans cette oxydation. La suite de réactions serait donc exprimée par

$$2HCl + H^2O^2 = 2H^2O + Cl^2, \quad (1)$$

$$I + 3Cl = ICl^3, \quad (2)$$

$$5ICl^3 + 9H^2O \rightleftharpoons 3IO^3H + 15HCl + I^2. \quad (3)$$

L'équilibre de la dernière équation est rompu par suite de l'action oxydante de H^2O^2 sur l'acide chlorhydrique, et l'oxydation de l'iode se poursuit jusqu'au bout, sauf la portion qui reste à l'état de ICl^3 et dont la

quantité dépend de celle de l'acide halogéné. Ce qui appuie cette manière d'envisager la réaction, c'est que les sels alcalins bromures ou chlorures, les acides tels que H^2SO^4, H^3PO^4, NO^3H, CH^3CO^2H, sont sans action. Par contre la réaction s'effectue aussitôt qu'on introduit un chlorure ou bromure dans la solution acidulée.

Comme l'iode est à peine soluble dans l'eau, et qu'il faut éviter sa présence à l'état solide qui amènerait la catalyse de H^2O^2, on peut opérer de la manière suivante :

Une solution d'iode dans l'acide iodhydrique, contenant environ $2^g,8$ d'iode total, est versée, dans l'espace de temps de 1 minute environ, dans 500^{cm^3} d'eau chauffée à 45° et additionnée de $0^g,06$ de HCl et 10^{cm^3} de H^2O^2 à 30 pour 100 (perhydrol Merck). La liqueur d'iode, en tombant dans la solution oxydante, produit une coloration brune très fugace et le mélange redevient absolument incolore; par évaporation on en retire l'acide iodique formé. On peut, au moyen de dilutions successives, s'assurer que la réaction a lieu avec des quantités bien moindres de HCl. Ainsi, avec $0^{mg},6$ pour 100 l'oxydation est terminée en 1 minute; elle dure 5 minutes avec $0^{mg},2$ et 30 minutes avec $0^{mg},02$. A partir de cette dilution elle devient extrêmement lente, sinon nulle.

La sensibilité de cette réaction est si grande qu'une solution iodhydrique diluée, acidulée par H^2SO^4 et additionnée de H^2O^2, fournit de l'acide iodique en présence de 5^{cm^3} d'eau de Seine. La contre-épreuve, avec l'eau distillée, montre que les chlorures contenus dans cette eau sont la cause de la réaction.

Si l'on opère à froid, en solution assez concentrée pour qu'il y ait un dépôt d'iode, les deux réactions, oxydation et catalyse de H^2O^2, se superposent. Ainsi $1^g,3$ d'iode iodhydrique, dissous en 250^{cm^3} d'eau, oxydé en présence de HCl par H^2O^2, a fourni pendant sa transformation en IO^3H 200^{cm^3} d'oxygène, et il a fallu 3 jours pour amener la disparition des flocons d'iode d'abord précipité.

La réaction étudiée ici est d'autant plus inattendue que Tanatar (¹) a constaté que l'acide iodique en solution décompose vivement l'eau oxygénée, sans être lui-même attaqué. Je poursuis l'étude de cette dernière réaction afin de déterminer les conditions dans lesquelles cette catalyse a lieu, ne l'ayant pas observée dans les conditions expérimentales où je me suis placé.

(¹) TANATAR, *D. chem. Ges.*, t. XXXII, p. 1013.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques bismuthures définis.*

Note de M. A.-G. Vournasos, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'étude des alliages binaires du bismuth, d'après les courbes de fusibilité, fait prévoir l'existence de composés définis dont aucun cependant n'a pu jusqu'ici être isolé.

Soit par exemple le cas de la paire métallique bismuth-sodium. Les deux métaux sont miscibles en toute proportion.

L'alliage constitué pour 100 parties :

Bismuth 75, Sodium 25, fond à 776°;
Bismuth 90, Sodium 10, fond à 445°;
Bismuth 95, Sodium 5, fond à 214°.

Ici le dystectique, qui cristallise assez nettement, répond à la formule atomique Na^3Bi.

J'ai pu isoler les bismuthures alcalins définis par un procédé essayé avec succès sur les antimoniures et les stannures alcalins.

Sous la paraffine en ébullition, l'étain et l'antimoine se combinent avec le potassium ou le sodium dans des proportions fixes. Si l'un ou l'autre des constituants se trouve en excès, cet excès reste inaltéré à côté des combinaisons Na^3Sb, K^3Sb ou Na^4Sn, K^4Sn.

Il en est de même avec le bismuth qui, dans ces conditions, donne naissance aux produits définis Na^3Bi et K^3Bi, indépendamment des proportions qu'on emploie pour la réaction.

Il est préférable de prendre le métal alcalin en excès, étant donnée la facilité avec laquelle on peut l'éliminer.

Comme milieu de réaction je choisis la paraffine liquide à point d'ébullition 375°, qu'on peut faire monter jusqu'à 400° en séparant par la distillation un tiers du poids total. Le produit doit être parfaitement neutre, on le traite à cet effet pendant 3 heures au moins au bain-marie avec 5 pour 100 de sodium métallique, puis on décante le liquide clair.

Le produit obtenu est soluble dans un excès de bismuth fondu, et quand cette solution devient saturée de bismuthure sodique, le point de solidification s'abaisse à l'eutectique fondant à 214°.

Pour la préparation du composé on introduit dans la paraffine purifiée 100g de sodium pur et l'on chauffe doucement au bain de sable, le sodium fond et on laisse la température monter jusqu'à 300°. C'est à ce moment qu'on introduit le bismuth préparé par décomposition de son oxalate; la chaleur de combinaison du bismuthure de sodium produit une vive ébullition de la paraffine et le produit formé, insoluble dans le bain sodique, se sépare sous forme de petites masses cristallines qu'on peut enlever rapidement avec une cuillère trouée en verre. J'emploie 30g de bismuth. On a soin d'agiter vivement le mélange pendant l'introduction du bismuth.

La réaction se termine en quelques minutes et le bismuthure solide enlevé est immédiatement porté dans un mortier en porcelaine contenant de la benzine pure et anhydre sous laquelle on broie légèrement la masse cristalline. On la lave ensuite à l'éther anhydre et l'on enlève finalement l'excès de sodium par l'ammoniaque liquéfié.

Le *bismuthure de sodium* doit être conservé dans la benzine neutre et anhydre. Il se présente sous forme de petites lamelles cristallines d'un gris noir métallique qui se composent de 74,95-75,05 pour 100 de bismuth pour 24,80-24,85 de sodium. La formule Na^3Bi donne 75,09 de bismuth et 24,91 de sodium.

Le *bismuthure de potassium* K^3Bi s'obtient en remplaçant le sodium par le potassium. La réaction fortement exothermique est accompagnée d'une forte lueur. On procède comme dans le cas du bismuthure de sodium, mais en prenant la précaution d'aller plus lentement. Le bismuthure de potassium donne à l'analyse 63,17-63,22 pour 100 de bismuth pour 36,0-36,15 de potassium; à la formule K^3Bi correspond 63,94 de bismuth et 36,06 de potassium.

Les bismuthures alcalins sont facilement oxydables à l'air et se changent en une poudre noire formée de sous-oxyde de bismuth et d'alcali.

Les produits s'enflamment facilement et donnent alors naissance à un résidu formé d'un bismuthate alcalin de couleur rouge brique.

Les bismuthures alcalins décomposent lentement l'eau à la température ordinaire et plus vivement à l'ébullition et donnent naissance à l'alcali caustique et à une poudre noire constituée d'oxyde de bismuth et de bismuth pulvérulent.

Les bismuthures alcalins réduisent les sels cuivriques solubles et donnent un précipité rouge caractéristique de cuivre. Chauffés dans une atmosphère d'hydrogène à 350° ils absorbent ce corps; le produit obtenu est décomposé vivement par l'eau avec un dégagement abondant d'hydrogène. L'*hydrure de bismuth* solide BiH^3 qui se produit probablement dans cette réaction paraît être tellement instable que je n'ai pas pu encore l'isoler.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de détermination exacte des cendres dans l'analyse des matières végétales et animales.* Note de MM. **E. Fleurent** et **Lucien Lévi**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

La détermination des matières minérales est une des opérations les plus importantes de l'analyse des produits organiques. Elle répond aux besoins essentiels des études de la Physiologie végétale et de l'Agriculture, et, dans

un grand nombre de cas, elle est le complément nécessaire à la connaissance des matières alimentaires en général. Il y a donc, pour ces raisons, grand intérêt à pouvoir doser exactement la proportion de cendres que contiennent les substances végétales et animales, ainsi que les éléments constitutifs de ces cendres.

La méthode généralement employée pour la détermination de celles-ci est celle de la calcination. Mais cette méthode, malgré les précautions qu'on apporte à son exécution, comporte deux causes principales d'erreur : volatilisation des chlorures, disparition partielle du phosphore, qui, depuis longtemps, ont été signalées. Pour remédier à ces pertes, certaines modifications ont été conseillées par divers auteurs. C'est ainsi que M. Th. Schlœsing père [1] évite la perte des chlorures et la fusion des sels alcalins qui gêne la combustion du charbon, par une calcination ménagée opérée dans un courant d'acide carbonique auquel succède un courant lent d'oxygène.

Mais aucune des modifications préconisées jusqu'ici n'empêche la disparition partielle du phosphore et, pour être exact, le dosage de cet élément doit toujours être effectué sur la matière initiale à l'aide de procédés combinés à cet effet [2]. La méthode de M. Schlœsing elle-même, si elle donne de meilleurs résultats que la calcination pure et simple, ne fait que diminuer la perte en phosphore, mais celle-ci, même dans le cas où l'on opère avec un soin extrême, atteint encore, dans certains cas, 7,31 et même 10,80 pour 100 de l'acide phosphorique total.

L'observation de ces faits nous a amenés à reprendre l'étude de la question du dosage des cendres des matières organiques en général. Ce sont les conclusions de cette étude que nous présentons aujourd'hui à l'Académie, réservant le développement complet de notre travail pour un autre Recueil.

Ce travail a porté sur quatre points différents : 1° la détermination des pertes en phosphore dans l'application des divers modes de calcination; 2° l'étude des réactions qui causent ces pertes; 3° la recherche d'une méthode capable de faire disparaître complètement celles-ci; 4° l'application de cette méthode.

---

(1) TH. SCHLOESING, *Contribution à l'étude de la Chimie agricole* (*Encyclopédie chimique*, p. 224 et suiv.).

(2) C.-V. GAROLA, *Congrès international de Chimie appliquée* 1896, t. II, p. 161. — E. FLEURENT, *Bulletin de la Société chimique de France*, 3e série, t. XXXIII, 1904, p. 101.

Nous avons choisi, comme sujet d'étude, des produits des règnes végétal et animal plus ou moins riches en composés phosphorés : variétés diverses de blé et d'orge, pois secs, haricots blancs, lait, jaune d'œuf, viande de cheval, etc.

Voici nos conclusions pour chacun des quatre points considérés :

1. La perte en phosphore est extrêmement variable, soit qu'on emploie le procédé de calcination à l'air libre, soit qu'on emploie le procédé Schlœsing. Celui-ci nous a donné des pertes variant de 7,31 pour 100 pour les haricots blancs à 32 pour 100 pour le jaune d'œuf et atteignant près de 49 pour 100 du phosphore total pour deux variétés d'orge Chevalier et Escourgeon.

2. Les causes qui déterminent la disparition du phosphore sont au nombre de trois. Les deux premières sont, d'une part, l'action bien connue du charbon, d'autre part, l'action de la silice déjà signalée par Wöhler, sur les phosphates acides contenus dans les cendres. C'est cette dernière cause qui porte à près de 49 pour 100 les pertes dans le cas des orges Chevalier et Escourgeon dont les cendres contiennent de 22 à 28 pour 100 de silice pure.

La troisième cause, laquelle à notre connaissance n'a jamais été signalée, est l'action des matières grasses qui, suivant un mécanisme sur lequel nous reviendrons, entraîne une partie du phosphore à l'état de combinaison volatile, principalement pendant la période de distillation de la matière organique. Pour trois substances riches en matières grasses, graines de colza, viande de cheval, jaune d'œuf, cette dernière perte a varié de 3,83 à 5,92 et 15,37 pour 100 du phosphore total.

3. La méthode que nous préconisons pour obtenir la totalité des cendres consiste : 1° à dégraisser préalablement les substances riches en matières grasses; 2° à charbonner ensuite la matière dans un creuset de platine couvert et à aussi basse température que possible; 3° à pulvériser la masse obtenue et à la replacer dans le creuset où on l'arrose avec une solution ou un lait de chaux contenant $0^{g},040$ à $0^{g},150$ de CaO pour 10^{g} de matière initiale suivant la richesse en phosphore; 4° à évaporer à sec et à terminer la calcination par la méthode de M. Schlœsing. Dans la pesée, on tient compte, bien entendu, de la proportion de chaux ajoutée.

4. Cette méthode donne facilement, sans pertes, des cendres blanches qui peuvent servir à la détermination exacte de tous leurs éléments consti-

tutifs. Appliquée, par exemple, à l'analyse de trois variétés de blés et comparativement à la méthode de calcination pure et simple, elle a donné les résultats suivants rapportés à 1^{kg} :

	Par calcination directe.	Méthode Fleurent et Lévi.	Différence pour 100 des cendres.
Blé de la région de Paris....	15,414	16,916	8,88
Blé russe Ghirka...........	17,683	19,193	7,86
Blé dur Taganrog..........	18,841	20,339	7,37

Les chiffres de la troisième colonne indiquent, dans ces trois cas, la mesure des erreurs auxquelles conduit l'application de la méthode de calcination pure et simple, erreurs qui se répartissent, proportionnellement à leur quantité, sur le dosage de tous les éléments minéraux.

On conçoit dès lors l'intérêt que présente, au point de vue analytique, l'existence d'un procédé destiné à faire disparaître ces erreurs dans toutes les occasions.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Étude comparative des poussières combustibles au point de vue de l'inflammabilité.* Note de MM. **Taffanel** et **Durr**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons établi un dispositif qui nous donne des indications qualitatives sur l'inflammabilité relative des poussières. Les expériences à grande échelle que nous poursuivons d'autre part caractérisent le danger d'un nombre limité de poussières types, par rapport auxquelles il faudra classer l'infinie variété des mélanges poussiéreux qui se déposent dans les galeries de mine. Nous cherchons à faciliter ce classement par une méthode simple, qui soit à la portée des laboratoires de compagnies minières et qui joue, par rapport au danger des poussières, un rôle analogue à celui de la grisoumétrie relativement au danger du grisou.

Nous chauffons un tube de porcelaine, de 25^{mm} de diamètre intérieur et 10^{cm} de hauteur, en plaçant son axe verticalement; quand les parois ont atteint une température déterminée et uniforme, mesurée avec un couple thermo-électrique, nous projetons la poussière à essayer à l'intérieur du tube, de haut en bas, au moyen d'un brusque jet d'air et nous enregistrons photographiquement les dimensions de la flamme au tiers de leur grandeur réelle (*fig.* 1, 2, 3 et 4).

Les poussières charbonneuses inflammables ne donnent généralement

aucune flamme, quand le couple thermo-électrique marque moins de 775° et en donnent toujours quand le couple marque plus de 800°; la température

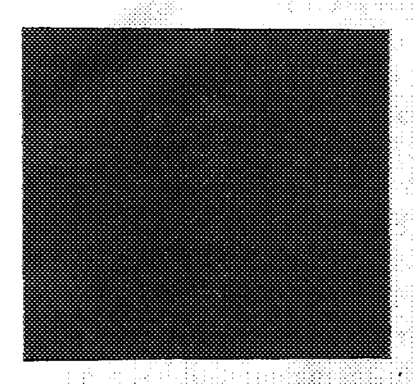


Fig. 1. — Type B.

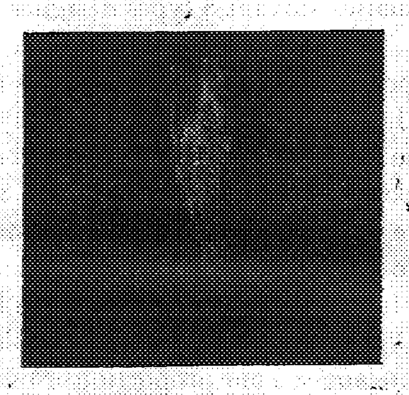


Fig. 2. — Type C.

Fig. 3. — Type E.

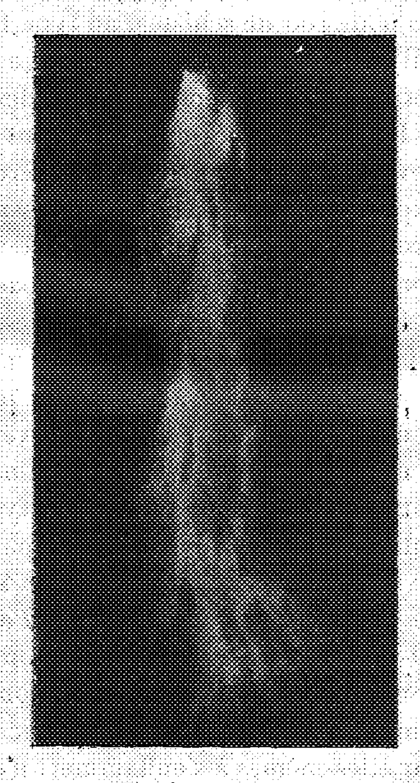


Fig. 4. — Type F.

limite est d'environ 590° pour le lycopode, 500° pour la farine et 460° pour le sucre pulvérisé.

Les dimensions des flammes pouvant atteindre 42^{cm} de longueur avec un épanouissement de 15^{cm}, permettent de classer les poussières charbonneuses suivant 8 types désignés par les lettres A à H.

Les poussières de charbon essayées dans les mêmes conditions de poids ($0^g,1$), de finesse (tamis n° 240) et de température (900° au couple thermo-électrique), se classent approximativement suivant leur teneur en matières volatiles (cendres non déduites), qui s'élève à 11 pour 100 environ pour le type B, 13 ou 14 pour 100 pour le type C, 17 à 24 pour 100 pour le type E, 28 ou 29 pour 100 pour le type F, 30 pour 100 et au-dessus pour le type G. Cette progression concorde avec les résultats des expériences à plus grande échelle exécutées à la Station d'essais de Liévin.

Si une poussière inflammable (29 pour 100 de matières volatiles) est mélangée à une proportion croissante de schistes incombustibles, son inflammabilité décroît; du type F elle descend au type E si le mélange tient 20 pour 100 de schistes, au type D s'il tient 40 pour 100, aux types C ou B s'il tient 60 pour 100; le mélange à 80 pour 100 ne s'est pas enflammé. Ces résultats concordent avec ceux des essais à grande échelle.

Les expériences en galerie ont montré qu'une démarcation importante devait être faite entre les poussières assez inflammables pour engendrer une explosion généralisée et les poussières moins inflammables qui ne peuvent propager qu'une explosion déjà violente. La zone de démarcation paraît correspondre au type D et à la base du groupe E.

La finesse joue un rôle dans l'essai au tube comme dans l'essai en galerie. Une poussière à 29 pour 100 de matières volatiles se classe dans le groupe F quand elle est juste assez broyée pour passer dans le tamis 240, mais atteint le milieu du groupe G si la pulvérisation est prolongée pendant 6 heures; la même poussière donne une flamme du type E avec des fragments compris entre les tamis 200 et 240 et du type C avec les fragments plus gros compris entre les tamis 100 et 200; les parties comprises entre les tamis 50 et 100 ne donnent pas de flamme (type A). Mais si, à la quantité habituelle ($0^g,1$) de poussière passant au tamis 240, on ajoute un poids égal de fragments 50-100 ou 100-200 ou 200-240, on obtient des flammes de volume croissant, dont la première se classe au sommet du groupe G et les deux dernières dans le groupe H; ainsi les particules relativement grossières, peu propres par elles-mêmes à s'enflammer, n'en contribuent pas moins, dans certaines limites, à augmenter les effets de flamme.

Le rôle des matières volatiles dans l'inflammation a été contesté; or le coke pulvérisé ne donne pas d'inflammation, même en chauffant davan-

tage; on voit seulement sortir du tube des particules incandescentes; un effet semblable est obtenu avec des poussières incombustibles, telles que des cendres; c'est un effet d'échauffement au voisinage ou au contact des parois, variable notamment suivant la chaleur spécifique ou la conductibilité; la poussière d'oxyde de cuivre donne difficilement ces particules incandescentes.

Un échantillon de charbon de bois pulvérisé a produit une flamme du type B; mais il contenait 11,7 pour 100 de matières volatiles.

Enfin, si l'on projette de la poussière charbonneuse à 29 pour 100 de matières volatiles, le couple marquant 700° seulement, il n'y a pas d'inflammation; la poussière recueillie a cependant perdu 2,2 pour 100 de ses matières volatiles; cette perte donne à penser que la teneur en matières volatiles des filets d'air qui s'échauffent, peut, avant l'inflammation, être déjà relativement élevée. Les matières volatiles constitueraient le liant nécessaire à la propagation de l'inflammation.

MINÉRALOGIE. — *Sur une éruption acide au centre du massif des Cyclades.* Note de M. **Const.-A. Ktenas**, présentée par M. A. Lacroix.

Les éruptions du massif des Cyclades (archipels de Santorin et de Milo) et du golfe saronique (Poros, Methana, Égine, Colantziki et Calamaki) sont caractérisées au point de vue minéralogique et, d'après nos connaissances actuelles, par ce fait qu'elles ont fourni depuis la fin de l'ère tertiaire jusqu'à nos jours des laves d'une acidité moyenne et intermédiaire, mais non des laves extrêmes (rhyolitiques ou basaltiques).

Les types andésitiques prédominent dans le golfe saronique; c'est ainsi que Washington [1] note la présence d'andésites à augite et avec ou sans hypersthène à Égine; on y trouve aussi quelques dacites à hornblende plus récentes avec une teneur maxima en $SiO^2 = 64,06$ pour 100.

Fouqué [2] nous a fait connaître à Methana, également constituée par des andésites et dacites, la lave de Kaméni appartenant à une alboranite à olivine; cette lave, due à une éruption survenue au commencement de l'ère chrétienne, contient, d'après le même savant, 59,94 pour 100 SiO^2.

(1) *A petrographical sketch of Ægina and Methana* (*The Journal of Geology*). Chicago, 1895.

(2) *Bull. Soc. fr. de Minér.*, t. XVII, 1894, p. 593, et t. XXV, 1902, p. 315.

La roche la plus acide du golfe saronique a été trouvée par Washington près de Colantziki; c'est une dacite à biotite contenant 67,34 pour 100 SiO^2.

Des phénomènes analogues se présentent dans le massif des Cyclades; l'archipel de Santorin se compose d'andésites à labrador (santorinites) et de labradorites à anorthite (alboranites), et c'est seulement dans la partie méridionale de Théra qu'apparaissent des types plus acides et plus anciens; on y trouve des andésites et des dacites à hornblende, dont l'éruption date du Pliocène supérieur, avec une teneur en $SiO^2 = 68,71$ pour 100 (¹).

Quant à Milo, nos connaissances sont encore fort incomplètes. Que les roches dacitiques, andésitiques et labradoritiques y prédominent, cela se déduit des observations de Fouqué; quelques types provenant de Calamos sont caractérisés par le même savant comme rhyolites; les feldspaths tricliniques appartiennent pourtant à l'andésine et à l'oligoclase-andésine et jouent un rôle prépondérant dans leur composition, ce qui laisse une certaine incertitude sur la détermination, étant donné que la teneur en SiO^2 est inconnue.

L'absence de types extrêmes dans lesdites provinces a conduit Washington (²) à y voir encore un exemple qui milite en faveur de l'hypothèse d'Iddings concernant l'ascension des magmas dans une province pétrographique; Iddings, en s'appuyant sur l'étude de quelques centres éruptifs américains, accepte comme la règle la plus générale que les éruptions débutent par des types d'une acidité moyenne et qu'enfin viennent les magmas différentiés extrêmes (³).

Mais dans le cas même, où des roches rhyolitiques n'apparaîtraient pas dans l'île de Milo, la présence de formations acides et antérieures aux éruptions intermédiaires à l'île d'Antiparos ne justifie pas cette manière de voir, au moins en ce qui concerne la province en question.

L'île d'Antiparos se prolonge vers le Nord par deux îlots, Cavoura et Diplo (Phira) et par une série d'autres îlots et rochers, Cokkino, Tourlo et Spiridonia dans la direction du N-NE. La moitié Est de l'île de Phira, aussi bien que lesdits rochers, sont constitués par des rhyolites et par leurs tufs, représentant ainsi les ruines d'une formation éruptive considérable (⁴).

(¹) Fouqué, *Santorin et ses éruptions*. Paris, 1879.

(²) *Loc. cit.*, p. 72.

(³) *The origin of igneous rocks* (*Philosophical Society of Washington*, p. 145).

(⁴) La présence des formations éruptives dans la péninsule Sud d'Antiparos a été notée par l'ingénieur Cordellas dès 1878 (*La Grèce sous le rapport géologique et minéra-*

D'autre part, la péninsule Sud d'Antiparos, en face de l'île Despotiko, se compose exclusivement de laves sphérolitiques acides, dont le point d'éruption paraît être à l'extrémité NO de la péninsule; on y trouve aussi quelques rares couches de tufs.

La rhyolite, d'une couleur gris clair, rarement rougeâtre (Phira), est le plus souvent riche en cristaux de première consolidation; ceux-ci appartiennent au quartz et à la sanidine. On trouve aussi parfois quelques cristaux de biotite et d'un feldspath triclinique; ce dernier appartient à un oligoclase-albite ou oligoclase, puisque son indice de réfraction est compris entre ceux du baume et de la sanidine (d'après le procédé de mesure de Becke) et l'extinction maxima est 6° (sections d'après Michel-Lévy).

Quant à la pâte, elle présente un aspect très varié; elle est souvent micropegmatique et très fine, avec des sphérolites à quartz globulaire, et elle passe souvent à la structure pétrosiliceuse. La rhyolite de Spiridonia est, en outre, caractérisée par la formation de lithophyses qui se développent suivant des bandes de fluidalité et qui sont parfois remplies par des cristaux de quartz et de tridymite; la teneur en SiO^2 de la rhyolite atteint, d'après le D^r P. Zalocostas, 73,82 pour 100.

Les laves sphérolitiques du sud d'Antiparos, qui sont un peu moins acides (70,90 pour 100), ne contiennent pas de cristaux de première consolidation; quelques microlites de quartz et de sanidine se trouvent dans une pâte qui est en partie pétrosiliceuse et sphérolitique et en partie amorphe.

La décomposition de la substance vitreuse est un fait presque général; c'est un argument en faveur de l'idée que ces éruptions ne sont pas très récentes, fait qui est aussi démontré par l'aspect ruiniforme des rochers du nord d'Antiparos; elles datent peut-être de la fin du Pliocène, c'est-à-dire qu'elles sont contemporaines de l'éruption acide de la partie méridionale de Théra.

Les éruptions d'Antiparos rentrent en tout cas dans la zone arquée éruptive qui est parallèle à l'arc du plissement passant par le Péloponèse, la Crète, Casos, Carpathos et Rhodes; les deux centres d'Antiparos se trouvent un peu en dehors de l'arc éruptif proprement dit et sur une ligne se dirigeant vers le N-NE, ce qui conduit à admettre qu'il s'agit ici d'une fracture perpendiculaire.

---

ogique, p. 226: *Athènes*); quant à la nature éruptive des rochers au nord d'Antiparos c'est M. Skouphos qui l'a observée le premier.

BOTANIQUE. — *Une nouvelle espèce de* Monostroma *provenant de la région antarctique sud-américaine.* Note de M. L. GAIN, présentée par M. L. Mangin.

C'est au cours de l'Expédition antarctique française (1908-1910) que j'ai recueilli ce nouveau *Monostroma*. Je l'ai trouvé en assez grande quantité à l'île Déception (Shetlands du Sud) et sur diverses petites îles à l'ouest de la Terre de Graham, notamment sur l'îlot Casabianca, près de Port-Lockroy, île Wiencke ($L = 64°49'$ S; $G = 65°49'$ WP.) et sur l'île Petermann ($L = 65°10'$ S; $G = 66°32'$ WP.).

C'est de l'île Petermann que proviennent la plupart des matériaux recueillis.

Cette Algue croissait sur les quelques petites plages abritées de la houle et surtout du frottement des glaces, abondante au niveau de la basse mer, dans les petites mares, les cuvettes et sur les parois des rochers.

C'est une Algue d'un beau vert brillant qui paraît se rapprocher du *M. Grevillei*, mais en diffère par de nombreux caractères. Les frondes sont épaisses d'environ 28^{μ} à 35^{μ}. Elles forment au début de minuscules petits sacs oblongs, fixés à la base par un très court pédicelle, petits sacs qui ne tardent pas à progresser rapidement et à prendre, en quelques semaines, des dimensions pouvant atteindre 35^{cm}, avec un diamètre de 6^{cm} à 7^{cm}. Ces sacs se déchirent toujours tardivement. Parfois l'extrémité supérieure seule se fragmente; le plus souvent la poche se déchire sur presque toute sa longueur, donnant alors une fronde à bords irrégulièrement lobés, sans ondulations, fronde qui conserve, sur une plus ou moins longue distance vers la base, sa forme en sac. La plante adulte reste toujours fixée par son court pédicelle.

Si l'on examine la structure de cette algue, on voit qu'elle est nettement monostromatique.

Le pédicelle est formé par les premières rangées de cellules. Chacune de ces cellules se prolonge à sa base par un pédoncule très fin ayant environ $1^{\mu},5$ à 2^{μ} d'épaisseur, pouvant atteindre 150^{μ} de longueur; l'extrémité inférieure de ce pédoncule se renfle en une sorte de petite masse piriforme de 3^{μ} à 4^{μ} d'épaisseur sur 5^{μ} à 7^{μ} de longueur, petite masse qui forme crampon. Ce sont tous ces minuscules crampons, placés les uns à côté des autres, qui constituent le point de fixation de l'algue. Ces cellules basales se différencient donc en de véritables cellules d'adhésion.

Ces cellules passent insensiblement (leurs prolongements inférieurs se réduisant peu à peu) à une région de cellules anguleuses, allongées, dont le chromatophore, vu en surface, épouse la forme de la cellule. En section transversale, le thalle a dans cette région une épaisseur de 20^{μ} à 25^{μ}; les cellules plus ou moins carrées, à angles arrondis, ont une épaisseur de 16^{μ} à 18^{μ}, le chromatophore occupant environ la moitié de la cellule.

Enfin ces cellules passent peu à peu au tissu occupant tout le reste de la fronde. Il est formé de courtes cellules, en général penta ou hexagonales, et dont le chromatophore, vu en surface, occupe toute la cellule. L'épaisseur du thalle en coupe transversale a de 28^{μ} à 35^{μ}; les cellules, rectangulaires, aux angles arrondis, sont longues de 22^{μ} à 28^{μ}; le chromatophore occupe la plus grande partie de la cellule.

Les frondes adultes que j'ai recueillies étaient en pleine fructification. Les cellules de la région supérieure du thalle se transforment en zoosporanges; ces zoosporanges ont de 27^{μ} à 30^{μ} sur 16^{μ} à 18^{μ}; ils renferment de 20 à 30 zoospores à 2 cils, piriformes, ayant de 6^{μ} à 7^{μ} sur 4^{μ} à 5^{μ}.

Comment se fait la dissémination de ces zoospores?

Il est probable que, lorsque l'émission est proche, les cellules contenant les zoospores se détachent de la membrane dont on retrouve des lambeaux incolores. Chez ce *Monostroma*, comme chez le *M. Grevillei*, la membrane ne se gélifie donc pas. C'est ce qu'on observe lorsqu'on examine sous le microscope un fragment fructifié du thalle. La simple pression de la lamelle éparpille les zoosporanges et il reste des fragments de la membrane conservant l'empreinte des mailles du réseau qui séparait les zoosporanges.

La membrane du zoosporange est très mince : elle se déchire et livre passage aux zoospores.

C'est au printemps, dans la seconde quinzaine d'octobre, que ces zoospores doivent germer. Les rochers, complètement nus à la débâcle de la banquise, prennent alors une légère teinte verdâtre qui peu à peu va en s'accentuant.

Le 30 octobre 1909, j'ai recueilli les premiers jeunes *Monostroma;* les petits sacs avaient de 1^{mm} à 5^{mm}. Le 1er novembre, les frondes mesuraient jusqu'à 30^{mm} sur 5^{mm} de diamètre; le 15 novembre elles atteignaient 130^{mm} sur 18^{mm} de diamètre. Enfin j'ai recueilli des frondes complètement adultes dans les premiers jours de décembre. La période de végétation de cette algue doit donc durer de 5 à 6 semaines. Les frondes sont peu à peu arrachées du substratum sur lequel elles sont fixées, soit par la houle, soit par les fragments de glace.

J'ai nommé cette algue *Monostroma Harioti*, en l'honneur de M. Hariot, Assistant au Muséum d'Histoire naturelle.

La diagnose suivante en résumera les principaux caractères :

Thallo 30^{cm}-35^{cm} usque longo, 6^{cm}-7^{cm} circ. diam., cylindraceo obovato, inferne in brevissimum pediculum attenuato, sursum dilatato, saccato-obovato, dein dehiscente membranaceo, in lacinias oblongas plus minus partito, margine subplano, viridi; cellulis inferioribus longissime caudatis, superioribus sensim brevioribus, maturescentibus rotundato-angularibus; parte monostromatica inferne 20^{μ}-25^{μ}, superne 28^{μ}-35^{μ} crassa cellulis 5-6 angularibus, omnino viridibus, inordinatis, arctissime coalitis, in sectione thalli transversa verticaliter rectangularibus angulis rotundatis 22^{μ}-28^{μ} longis; chromatophoro in parte inferiore thalli angulari, eadem fere forma ac cellula, in sectione thalli transversa dimidiam fere partem cellulæ occupante, in superiore totam fere cellulam replente; zoosporangiis generis; zoosporis biciliatis. Specimina exsiccata chartæ arcte adhærent.

PHYSIOLOGIE. — *Extraction directe de l'antithrombine hépatique. Cas du lapin, réfractaire à l'action de la peptone.* Note de MM. **Doyon**, **A. Morel** et **A. Policard**, présentée par M. A. Dastre.

I. Nous avons démontré qu'on peut extraire du foie de chien, au moyen de circulations artificielles, des nucléo-protéides empêchant *in vitro* le sang de coaguler.

Nous avons eu pour but de rechercher si les nucléo-protéides préparées par Halliburton, Wohlgemuth, Levene, possèdent la même propriété sur le sang et s'identifient avec l'antithrombine.

II. En fait, nous avons extrait du foie broyé de chien, au moyen, soit d'une solution faiblement alcaline, soit de la solution de chlorure de sodium à 9 pour 1000, une substance qui est chimiquement une nucléo-protéide dont la teneur en phosphore est voisine de 3 pour 100; physiologiquement elle est douée de propriétés anticoagulantes directes; elle s'identifie par suite avec l'antithrombine.

III. Nous avons constaté que la congélation suivie de la décongélation favorise la mise en évidence de la substance anticoagulante, ce qui est en accord avec notre hypothèse de l'origine nucléaire de l'antithrombine. Nous avons constaté, en effet, que la congélation provoque des altérations des noyaux des cellules.

IV. Les substances nucléo-protéides, que nous extrayons du foie de

chien, ne sont pas des substances banales. En voici une preuve : les nucléo-protéides que nous avons extraites, par les mêmes procédés, du foie de lapin, sont dénuées de toute propriété anticoagulante. Or, on sait que le lapin est réfractaire à l'action de la peptone.

La peptone est efficace chez le chien parce qu'elle provoque chez cet animal le passage dans le sang d'une nucléo-protéide hépatique anticoagulante; elle est inefficace chez le lapin parce que la nucléo-protéide hépatique de cet animal est sans action sur le sang.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la séparation de l'urobiline d'avec son chromogène.* Note de M. L. **Grimbert**, présentée par M. Guignard.

Comme l'a fort bien vu Saillet en 1897, l'urine fraîchement émise ne contient jamais d'urobiline, mais une substance capable de se transformer en urobiline par oxydation et qu'il a nommée *urobilinogène* ou chromogène de l'urobiline.

L'urobilinogène est très soluble dans le chloroforme, ce qui justifie l'emploi de ce dissolvant pour sa recherche dans les urines. Le procédé le plus simple consiste à agiter l'urine avec du chloroforme, qui s'empare du chromogène, et à transformer ce dernier en urobiline à l'aide d'un oxydant approprié. L'urobiline est ensuite caractérisée par la fluorescence verte qui apparaît dans la solution chloroformique quand on l'additionne d'une solution alcoolique d'acétate de zinc.

On peut encore déceler l'urobilinogène en chauffant légèrement la solution chloroformique avec une solution alcoolique de paradiméthylamidobenzaldéhyde à 2 pour 100, additionnée de son volume d'acide chlorhydrique, mélange désigné aussi sous le nom de *réactif d'Ehrlich.*

Dans 1^{cm^3} de chloroforme on verse 3 ou 4 gouttes du réactif, on chauffe quelques secondes à l'ébullition et l'on ajoute $0^{cm^3},5$ d'alcool à 95° pour obtenir une solution homogène qui est colorée en rouge pourpre si le chloroforme contient du chromogène. Dans les mêmes conditions, l'urobiline ne donne aucune coloration.

Quoique cette réaction se produise aussi avec l'indol, elle est très commode pour suivre le sort du chromogène de l'urobiline dans une urine.

Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on rencontre dans l'urine de l'urobiline libre provenant de l'oxydation du chromogène; le plus souvent, quand cette oxydation a lieu, l'urobiline formée trouve dans l'urine des

substances, probablement de nature alcaline, avec lesquelles elle contracte une combinaison insoluble dans le chloroforme. De sorte que, la plupart du temps, un simple traitement au chloroforme permettra d'obtenir le chromogène seul, tandis que l'urobiline restera dans l'urine à l'état combiné. Mais, si l'on acidule préalablement l'urine, comme l'indiquent la plupart des procédés de recherche de l'urobiline publiés jusqu'à ce jour, l'urobiline, libérée de sa combinaison, entre en solution dans le chloroforme, où elle accompagne le chromogène. On peut cependant séparer l'urobiline de son chromogène en mettant à profit les observations suivantes :

Une solution chloroformique de chromogène agitée avec une solution aqueuse de phosphate disodique, bien neutre à la phtaléine, ne cède rien à celle-ci, tandis que dans les mêmes conditions, l'urobiline passe entièrement en solution aqueuse.

Par contre, si l'on emploie une solution de soude très étendue, ou si l'on ajoute quelques gouttes de soude au dixième à la solution de phosphate disodique, le chromogène passe entièrement dans la solution alcaline. Si l'on acidifie ensuite cette solution par un acide non oxydant par lui-même, comme l'acide phosphorique, et qu'on l'agite avec du chloroforme, le chromogène inaltéré repassera en solution chloroformique avec toutes ses propriétés.

Pour faire cette séparation dans une urine, voici comment on peut opérer :

L'urine est épuisée par du chloroforme. Le chloroforme filtré sur du coton bien sec est additionné goutte à goutte d'une solution alcoolique d'acétate de zinc au millième jusqu'à ce que le trouble produit d'abord ait disparu : l'apparition d'une fluorescence verte indique la présence de l'urobiline ; dans ce cas, le chloroforme est agité avec quelques centimètres cubes d'une solution de phosphate disodique (bien neutre à la phtaléine) qui s'emparera de l'urobiline. Le chloroforme soutiré ne donnera plus de fluorescence avec l'acétate de zinc, mais celle-ci apparaîtra dès qu'on ajoutera au mélange une trace d'iode, si le chloroforme contient du chromogène.

Il résulte de ces observations que le chromogène de l'urobiline est moins sensible à l'action des alcalis que ne l'est l'urobiline elle-même et qu'on peut le retrouver en liberté dans un milieu où l'urobiline n'existe qu'à l'état combiné, par exemple dans les urines neutres ou même alcalines, tant que cette alcalinité ne dépasse pas celle des phosphates bimétalliques. Quand l'alcalinité devient sensible à la phtaléine, le chromogène entre à son tour en combinaison et n'est plus enlevé par le chloroforme, mais on peut le mettre en liberté en acidifiant le milieu par l'acide phosphorique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau mode de préparation de la catalase du sang et sur ses propriétés.* Note de MM. **J. Wolff** et **E. de Stœcklin**, présentée par M. E. Roux.

Les procédés auxquels on a eu recours jusqu'ici pour extraire la catalase du sang peuvent être ramenés à deux types :

1° L'ancien procédé de Senter (¹) qui consiste à précipiter par l'alcool la diastase contenue dans le milieu sanguin;

2° Le procédé préconisé par Ville et Moitessier (²), basé sur l'entraînement de la catalase par un précipité de phosphate de calcium. Ce précipité retiré du sang est alors repris par des liqueurs salines qui redissolvent la catalase.

M. C. Gessard (³) a apporté à ce procédé une modification consistant à reprendre le précipité, non plus par des sels, mais par du sérum normal chauffé à 60°.

La méthode de Senter a l'inconvénient des procédés généraux employés dans la préparation des diastases, où la précipitation par l'alcool produit un affaiblissement notable de la substance active.

En suivant la technique de Ville et Moitessier on introduit, dans un milieu déjà complexe par lui-même, des éléments salins étrangers qui ne sont peut-être pas sans influence sur la catalase.

Dans les deux cas on agit sur la totalité du sang, alors que seul le globule sanguin contient de la catalase, ainsi que l'a montré M. C. Gessard.

Notre procédé, à l'inverse des autres, consiste à ne traiter que le contenu des éléments figurés du sang. On élimine de ce contenu toute l'hémoglobine et avec elle le plus possible de substances étrangères, sans toucher à la catalase.

A cet effet nous nous sommes arrêtés à la technique que voici et qui est empruntée pour une part au mode de préparation classique de l'oxyhémoglobine :

Lavage du sang défibriné à l'eau physiologique comme le conseillent MM. Vila et Piettre (⁴), puis centrifugation des globules. La purée globulaire est ramenée avec de

---

(¹) Senter, *Zeitschr. für physiol. Chemie*, t. XLIV, 1903, p. 257.

(²) Ville et Moitessier, *Bull. Soc. chim.*, t. XXIX, 1903, p. 978.

(³) C. Gessard, *Comptes rendus*, juin 1909, p. 1467.

(⁴) Vila et Piettre, *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 505.

l'eau distillée au volume primitif du sang; les globules sont laqués à l'éther et le liquide sous-jacent est filtré après soutirage. Le filtrat, additionné du cinquième de son volume d'alcool, est soumis pendant 20 heures à une température voisine de — 10°. Au bout de ce temps on essore rapidement à la trompe les cristaux d'oxyhémoglobine qui se sont déposés; on additionne le liquide d'essorage d'une nouvelle quantité d'alcool à 95° correspondant au dixième du liquide recueilli.

Après avoir soumis ce mélange à une nouvelle cristallisation, on filtre et l'on recueille les eaux mères qui sont placées au frais sous une couche de toluène d'environ $0^{cm},5$. Au bout de quelques jours, le toluène aidant, les dernières traces d'oxyhémoglobine précipitent accompagnées de matières albuminoïdes. On filtre et l'on obtient un liquide clair et brillant, légèrement jaunâtre, ne donnant plus le spectre de l'oxyhémoglobine.

Ce liquide contient une catalase très active conservant longtemps ses propriétés (1).

Six semaines après sa préparation, $0^{cm^3},3$ de ce liquide introduits dans 5^{cm^3} d'eau oxygénée à 12^{vol} provoquent un dégagement tumultueux d'oxygène et une élévation de température de 18° en 3 minutes.

Nous avons montré ici même (2) et ailleurs (3) que l'oxyhémoglobine possède des propriétés peroxydasiques indiscutables. Ayant à notre disposition à la fois une catalase exempte d'oxyhémoglobine et une oxyhémoglobine privée de catalase, il nous a paru intéressant d'étudier les rapports réciproques de ces deux agents catalytiques coexistant dans les globules sanguins et réagissant tous deux sur le peroxyde d'hydrogène.

Schmidt (4) avait déjà constaté que l'oxyhémoglobine cristallisée, qui est facilement décomposée par un contact relativement court avec l'eau oxygénée, ne l'est plus si l'on ajoute au mélange de l'oxyhémoglobine simplement précipitée, mais il ne put trouver une explication satisfaisante à ce phénomène.

Grâce aux produits bien isolés dont nous disposons, nous avons été à même d'étudier ce phénomène avec les éléments nécessaires et de lui donner sa véritable interprétation.

Dans nos expériences, nous nous sommes servis de la solution de catalase préparée comme nous venons de l'indiquer; d'une solution d'oxyhémoglobine à 2 pour 100; d'une eau oxygénée titrant 8^{vol} environ, et enfin d'une solution de sulfure d'ammonium préparée en étendant de 9 fois son volume d'eau la solution commerciale de ce produit.

---

(1) On peut facilement éliminer l'alcool par dialyse.

(2) J. Wolff et E. de Stœcklin, *Comptes rendus*, août 1910.

(3) J. Wolff et E. de Stœcklin, *Annales de l'Institut Pasteur*, mars 1911.

(4) Schmidt, *Pflüger's Archiv*, t. IV, 1872, p. 519.

Nous examinons au spectroscope, dans des cuvettes triangulaires d'une contenance de 2^{cm^3} environ, les variations que subit le spectre de l'oxyhémoglobine :

1° 1^{cm^3} oxyhémoglobine + 1 goutte H^2O^2. Disparition rapide du spectre.

L'addition de citrate disodique accélère le phénomène.

2° 1^{cm^3} oxyhémoglobine + 2 gouttes H^2O^2 + 5 gouttes de catalase. Le spectre de l'oxyhémoglobine persiste encore très net après 24 heures. Par l'addition de sulfure d'ammonium, il se trouve renforcé ; de plus, l'oxyhémoglobine se réduit peu à peu et l'on observe au spectroscope la bande caractéristique de l'hémoglobine. Par simple agitation à l'air, celle-ci se transforme à nouveau en oxyhémoglobine, preuve que la substance n'a pas été altérée dans la deuxième expérience.

3° 1^{cm^3} oxyhémoglobine + 5 gouttes sulfure d'ammonium. Le spectre de l'oxyhémoglobine disparaît au bout de 5 minutes pour faire place à celui de l'hémoglobine. Si l'on ajoute alors 1 goutte H^2O^2, le spectre de l'oxyhémoglobine réapparaît à peine.

4° Dans la même expérience, faite EN PRÉSENCE DE CATALASE, le spectre de l'oxyhémoglobine réapparaît avec la même intensité, après adjonction de H^2O^2, qu'au début de l'expérience. Il disparaît à nouveau par réduction après 11 minutes, pour réapparaître aussitôt sous l'influence d'une nouvelle dose de peroxyde. Ces phénomènes alternatifs de réduction et d'oxydation de l'oxyhémoglobine se poursuivent ainsi un certain temps en présence de catalase.

Il résulte de ces expériences : 1° que l'eau oxygénée seule détruit rapidement l'oxyhémoglobine ; 2° que la catalase protège le pigment sanguin contre l'action nocive du peroxyde ; 3° qu'en décomposant l'eau oxygénée, la catalase permet la régénération de l'oxyhémoglobine, en fournissant à l'hémoglobine de l'oxygène moléculaire.

MÉDECINE. — *La capacité professionnelle* $VC = 0,1(11 - V)$ *fonction décimale inverse de l'angle visuel.* Note de M. **W. Nicati**, présentée par M. d'Arsonval.

V, angle visuel limite, base de toutes les appréciations de la faculté de distinguer par la vue, acuité visuelle des astronomes, est l'élément de plusieurs grandeurs physiologiquement applicables.

Soit d'abord cité pour mémoire $\frac{1}{V}$ de Snellen, inverse de l'angle limite. Cette grandeur, trop longtemps consacrée par l'oculistique ([1]), mérite certainement d'être enfin reléguée parmi les vieux outils ne correspondant à aucune fonction physiologique,

([1]) Et récemment encore par une décision certainement malencontreuse du Congrès des oculistes à Naples.

ainsi qu'il paraît à considérer l'échelle de Monoyer, échelle décimale, où l'écart angulaire presque imperceptible de 1 à 0,9 grandit jusqu'à la différence du simple au double entre 0,2 et 0,1.

Mais si $\frac{1}{V}$ de Snellen ne saurait survivre, ses tests demeurent, les optotypes : combinaisons sigmoïdes de lettres et autres signes aux traits égaux en épaisseur à leur moindre écartement, de façon qu'il résulte de leur reconnaissance une multiple mesure d'angle visuel appliquée simultanément à tout un champ de vision (le champ cinq fois supérieur en tous sens à l'angle de distinction, caractérisé par la lettre S). Or la faculté courante, professionnelle, de distinguer, différente de l'application astronomique au cas de deux étoiles, implique une simultanéité d'épreuves multiples sur la plage entière de vision directe où elle est uniformément distribuée et beaucoup plus aiguë que dans le reste du champ visuel ([1]).

On pouvait espérer trouver dans VS, fonction logarithmique inverse de V suivant la formule $1 - 0,9 \log V$ (applicable à la fois à mesurer une sensation et, par elle, l'intensité lumineuse L), une grandeur d'appréciation professionnelle. Je l'avais indiqué dans ma première Note sur ce sujet ([2]). L'échelle de VS a de la régularité comme toutes les échelles en progression arithmétique de V, et cela paraissait donner une sorte de garantie. Mais l'usage lui est finalement contraire; il y a notamment dans l'échelle de VS trois termes avant l'angle de 2 minutes, et c'est trop semble-t-il de deux, à consulter les appréciations généralement accréditées parmi les oculistes, à considérer surtout qu'un approchement temporaire de l'objet ou seulement les facilités d'un bon éclairage suffisent à la correction d'un tel défaut. Et c'est donc que VS, grandeur esthésiologique applicable à la photométrie,

---

([1]) La personne qui lit n'est pas guidée par un seul *minimum separabile* mais par sa répétition dans la figure entière de la lettre et celle du mot présentés à la lecture. Le plâtrier employé à étendre uniformément sa pâte sur le plafond distingue d'un seul coup quel en est le grain pour une étendue ou surface. Le tourneur domine d'un coup d'œil l'entière largeur de son ciseau. Le trieur de graines domine celles qu'il prend à la fois dans la main. Et la couturière embrasse de même d'un coup d'œil les bords de son ourlet, le point qu'elle pique et les points qui précèdent pour les égaliser et bien diriger. Tout le monde en somme qui travaille utilise V simultanément dans une certaine étendue de champ visuel; à cette commune pratique professionnelle répondent strictement les optotypes de Snellen par lesquels trois traits et deux écartements se trouvent en divers sens offerts à l'épreuve.

([2]) *Comptes rendus*, 16 mai 1892.

doit céder le pas à une autre formule lorsqu'il s'agit d'apprécier la capacité professionnelle.

Cette formule, je crois, après une longue pratique, la reconnaître dans la relation simple $0,1(11 - V)$. Cette expression signifie :

1° Que la capacité professionnelle ($VC = 0$) s'arrête aux limites de la vision directe fixées par l'expérience à un espace angulaire de 55 minutes, approximativement correspondant à l'étendue de la fossette rétinienne et couvert par les optotypes de $10 + 1$ ou 11 minutes;

2° Que l'entière capacité ($VC = 1$) répond à l'angle visuel d'une minute conformément au postulat universel;

3° Que dix dixièmes de capacité sont intercalés entre ces termes extrêmes pour répondre inversement aux unités angle-limite 10 à 1, ou, en d'autres termes : que *chaque unité-minute d'angle visuel mesure, dans le champ limité de vision directe qui sert à l'usage professionnel, un dixième de capacité.*

Pour cette graduation parfaitement régulière, il n'y a pas besoin d'une échelle spéciale. Toutes les figurations de V, d'après le principe des optotypes de Snellen, lui sont bonnes.

ZOOLOGIE. — *Une théorie hydrodynamique des pseudo-migrations du Thon commun* (Thynnus vulgaris *Cuv. et Val.*) *dans la Méditerranée.* Note de M. **J.-P. Bounhiol**, présentée par M. A. Dastre.

Une étude attentive, poursuivie depuis plusieurs années, des pérégrinations des grands scombres comestibles le long des côtes algériennes m'a permis de substituer, à la vieille hypothèse de leur migration reproductrice péri-méditerranéenne, une explication rationnelle basée sur la seule observation des faits.

Dans un Mémoire qui sera incessamment publié, je donnerai le détail de mes recherches. Je ne puis ici qu'énumérer brièvement leurs principaux résultats.

I. Les Thons, dont les déplacements ont intrigué de tout temps les pêcheurs méditerranéens, ne viennent pas de l'Atlantique. Ils représentent une population méditerranéenne locale et permanente constituée dans son immense majorité par deux espèces : l'une principale (*Thynnus vulgaris* Cuv. et Val.), l'autre accessoire (*Thynnus thunnina* Cuv. et Val.) très

différentes de celle qui constitue la presque totalité de la population océanique (*Thynnus alalonga* Cuv. et Val.)

II. Les Thons n'accomplissent pas de grand voyage circulaire autour de la Méditerranée dans le sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. Ce ne sont pas les mêmes individus qui, après s'être montrés en un point déterminé du circuit, se transportent successivement sur les autres points : les Thons apparaissent presque simultanément ici et là, à Nemours et à Tunis, à Philippeville et à Marseille, dans le golfe d'Arzew et en Sicile, avec, quelquefois, des différences légères qui sont de l'ordre des différences climatériques que j'ai mises en lumière dans un précédent travail [1].

De plus, les déplacements des bandes de Thons ne s'accomplissent pas dans une direction fixe : ils circulent tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, sur les mêmes lieux suivant les époques, et aux mêmes époques suivant les lieux.

III. Les déplacements littoraux tangentiels ne sont nullement sous la dépendance des phénomènes reproducteurs. Ils se manifestent très largement en dehors de la période très courte de la ponte, laquelle s'effectue au même moment à peu près partout (du 6 juin au 18 juin, Algérie, Tunisie, Sicile) avec, cependant, une légère avance en faveur des régions occidentales. De plus, la proportion relative des individus mûrs ou vidés ne change pas suivant les lieux. Enfin, les tribus nombreuses de ces Poissons sociaux comprennent toujours des individus de tout âge, des adultes et des jeunes encore incapables de se reproduire.

IV. Plus fortement peut-être que chez les autres Poissons, les réflexes locomoteurs sont amorcés, entretenus, dirigés chez le Thon, par l'excitation mécanique de l'eau en mouvement, glissant le long des téguments. Ces réflexes aboutissent à un déplacement du poisson en sens inverse de celui de l'écoulement. En Algérie tout au moins, le sens et la vitesse des déplacements du Thon sont exclusivement déterminés, à chaque instant, par les courants côtiers locaux. Or, en l'absence de marées et de courants profonds (température constante 13° à partir de 200^m de profondeur), le régime des

(1) J.-P. Bounhiol, *Sur le régime thermique de la Méditerranée littorale et algérienne* (*Comptes rendus*, 9 mai 1910) et aussi *Essai sur le régime thermique des eaux littorales superficielles dans la Méditerranée algérienne* (*Ann. Inst. Océan.*, Paris, octobre 1910).

courants côtiers comprend des courants périodiques, saisonniers, assez réguliers et des courants variables, fortuits, d'une durée plus ou moins éphémère. Tous ces courants sont sous la dépendance exclusive : 1° du régime des vents générateurs en chaque point; 2° de la confirmation géographique des rivages.

Le Thon se montre à toute époque de l'année dans les eaux littorales de l'Algérie. J'ai constamment vérifié que *ses apparitions, ses disparitions, ses déplacements : périodiques, oscillatoires ou irréguliers, étaient produits, sur chaque rivage, par le régime éolien et hydrodynamique local.* Cette vérification, je l'ai étendue partiellement aux côtes méditerranéennes françaises. Des recherches méthodiquement poursuivies dans les autres pays producteurs de Thon confirmeraient certainement cette vérité générale.

V. Si cette nouvelle conception est exacte, toutes les circonstances qui favorisent, en un lieu donné, la production de courants superficiels intenses ou durables y favoriseront par là même l'active et fréquente circulation des Thons. L'observation montre, en effet, que la périphérie des promontoires, des presqu'îles, des îles, surtout les bords des bras de mer et des détroits sont des stations privilégiées pour la pêche du Thon. C'est la raison de la supériorité manifeste des caps Falcon, Carbon, Bougaroni, de Fer, et de Garde en Algérie; des caps et des îles de la côte provençale; de la Sicile toujours enveloppée de courants qui lui font une ceinture d'eau vive; de la presqu'île tunisienne du cap Bon, qui, avec la Sicile, borde le « canal de Sicile » et le « canal de Malte ». Dans les étranglements, dans les détroits, la moindre circulation liquide acquiert un accroissement de vitesse et c'est, à n'en pas douter, la raison pour laquelle les canaux innombrables de l'Archipel, les détroits des Dardanelles et du Bosphore furent, de tout temps, envahis par les Thons qui y passent, y repassent et s'y attardent dans une perpétuelle excitation locomotrice. C'est ainsi que la vieille Byzance dénomma très justement sa « Corne d'Or » vers laquelle affluait spontanément, intarissablement, avec les beaux poissons bleus, une admirable et facile richesse.

VI. La connaissance du régime hydrodynamique particulier de chaque rivage comporte d'importantes conséquences pratiques relatives à l'industrie de la pêche du Thon. Elle permet notamment : 1° le choix judicieux des meilleures stations de pêche; 2° la détermination, en chaque point, de la durée et de la fréquence des passages de Thons; 3° la facile recherche du Thon en dehors des passages principaux, sur les côtes à passages; en tout

temps, sur les rivages qui n'en offrent point ou n'en offrent plus; 4° la détermination de la meilleure méthode de pêche pour un lieu déterminé et à chaque saison de l'année : pêche au large, pêche à terre, etc.

GÉOLOGIE. — *Sur la classification des calcaires à Fusulines en Chine et en Indo-Chine.* Note de M. J. **Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

Mes explorations au Yun-Nan m'ont permis de recueillir une très grande quantité de calcaires à Fusulines et Schwagérines dont j'ai soigneusement étudié sur place les relations stratigraphiques. J'ai préparé moi-même les espèces recueillies et étudié pour chacune d'elles les sections longitudinales, tangentielles, transversales centrées et non centrées, seul moyen d'obtenir des résultats précis. Cette étude m'a fourni déjà 30 espèces de Fusulinidés dans les calcaires yunnanais; quelques-unes sont nouvelles et seront prochainement décrites en détail. Dans la classification suivante, les noms des espèces caractéristiques de chaque horizon sont précédés d'un astérisque.

PERMIEN SUPÉRIEUR.

21. Puissant étage de grès et marnes gypso-salifères (Yun-Nan, Sseu-Tchoan).
20. Masse des poudingues du Tié-Tcheng'Ho (Yun-Nan).
19. Horizon calcaire à **Neoschwagerina* n. sp.
18. Horizon calcaire à **Neosch. globosa* Yabe, *N.* (*Sumat.*) *Annae* Volz, *Doliolina* n. sp., **Schwagerina* n. sp., **Fusulina exilis* Schw., **F.* n. sp.

PERMIEN MOYEN.

17. Calcaires à **Schw. Verbeeki* Geinitz, **Dol. lepida* Schw., *Fusul. Richtofeni* Schw., **Fus.* n. sp.

PERMIEN INFÉRIEUR.

16. Horizon puissant à Brachiopodes (*Sp. Blasii* de Vern., *Prod. striatus* Fisch., *Spirig. grandis* Waag., *Martin. inflata* Waag., etc.).

OURALIEN.

15. Horizon à **Neoschwagerina* n. sp., *N. craticulifera* var. *grandis* n. v., rares *Schw. Verbeeki.*
14. Horizon à **Neosch. craticulifera* Schw. S. S., *N. craticulifera* var. *tenuis* n. v., *Lingulina nankingensis* Lör., *Clim. communis* V. Möll.
13. Horizon à **Schw. princeps* Ehr., *Schw. fusulinoïdes* Schellw., **Fus. alpina*, var. *antiqua* Schellw.

12. Horizon à **Fusulina incisa* Schellw. (*Sp. trigonalis* Sch. *Retic. lineata* Mart., etc.).

11. Horizon à **Fusulina multiseptata* Schellw., **F. tenuissima* Schellw., **F. complicata* Schellw., **Fusulina* n. sp., **Doliolina* n. sp.

10. Horizon à *Productus subcostatus* Waag.

9. Horizon à **Doliolina* n. sp., *Fusulinelles*, etc.

8. Horizon à **Fusulina kattaensis* Waagen.

7. Horizon à **Fusulina* n. sp., **F. regularis* Schellw.

6. Horizon à **Fus. regularis* Schellw. ([1]), *Fusulina* n. sp., **Fus. brevicula* Schwag.

5. Horizon à *Gastropodes* de Lo-A-Tien.

4. Calcaires à *Chaetetes*.

3. Couches de charbon. Termes de passage du Moscovien à l'Ouralien.

MOSCOVIEN.

2. Horizon à *Spirifer mosquensis* Fisch., *Fusulinella Loczyi* Lör., *F. Struvii* V. Möll., *Doliolina* n. sp., *Tet. conica* Ehr., *Sp. subangulata* V. Möll., etc.

1. Étage des grès (variant de 300^m à 500^m) avec intercalations souvent puissantes de calcaires à *F. Struvii* V. Möll., *Doliolina* n. sp., *End. Bowmanni* Phill., *E. parva* V. Möll., *E. crassa* Br., *Crib. Panderi* V. Möll., *Tet. conica* Ehr., *Spirillines*, etc.).

Les remarques suivantes me paraissent nécessaires : 1° les calcaires à *Sp. mosquensis* sont nettement inférieurs à toute la série des calcaires à Fusulines et représentent la partie supérieure du Moscovien; 2° *Fusulina brevicula* Schw. dont le niveau était encore indécis appartient à la base de l'Ouralien; 3° la petite *Fusuline* de l'horizon 7 constitue un niveau très caractéristique; 4° *Fus. kattaensis* caractérise un horizon tout à fait spécial, très net, où cette forme remarquablement longue, subcylindrique de la Salt Range n'est jamais mélangée à aucune autre espèce; 5° les Doliolines apparaissent relativement bas dans l'Ouralien de la Chine méridionale : une jolie forme remplit le niveau n° 9 ouralien; 6° j'ai retrouvé magnifiquement développée au Yun-Nan et dans la même position stratégique la série des *Fusulines* ouraliennes des Alpes carniques décrite par Schellwien; *F. multiseptata*, *F. tenuissima*, *F. complicata*, alliées à des formes nouvelles de Fusulines et de *Doliolines* très caractéristiques; le niveau suivant (12) à *Fusulina incisa* appartient encore à la faune carnique, de même que 13 où *Schw. princeps* est accompagnée des formes décrites avec elle par Schellwien : *F. alpina* et *Schw. fusulinoïdes;* 7° on a jusqu'ici confondu fréquemment

([1]) Je suis entièrement d'accord avec Schellwien pour considérer *F. regularis* Schellw. comme étroitement alliée, sinon identique, à *F. cylindrica*.

avec *Neosch. craticulifera* des formes qui, dans les sections obliques, peuvent être confondues avec elle, mais s'en distinguent nettement dans une section centrée. Tel est le cas d'une belle espèce nouvelle d'un niveau supérieur qui est intermédiaire entre les Néoschwagérines typiques et les Sumatrines à réseau alvéolaire complexe; 8° dans le niveau 18, du Permien supérieur, j'ai trouvé une nouvelle espèce très distincte de *Schw. princeps* et de *Schw. Verbeeki*, accompagnant *N.* (*Sumatrina*) *Annae* et *N. globosa*, s'en séparant nettement par la hauteur des tours de spire aussi hauts que dans *S. princeps*, mais avec écartement des septa beaucoup plus considérable; 9° le niveau le plus élevé des calcaires permiens renferme une magnifique Néoschwagérine d'espèce nouvelle alliée à *N.* (*Sum.*) *Annae*.

Il est important de remarquer qu'au Yun-Nan le beau développement des calcaires à Fusulinidés s'arrête avec la zone à *Dol. lepida* encore puissante, que j'ai trouvée du reste jusqu'au Sseu-Tchoan; les couches à Sumatrines sont au contraire moins développées et manquent souvent. Au contraire en Indo-Chine ce sont les niveaux inférieurs qui paraissent manquer. Je possède de Dong-Dang (Tonkin) des calcaires à *F. multiseptata* Schellw., mais jusqu'à présent je ne connais pas de niveaux à *F. brevicula*, pas plus que l'horizon à *F. kattaensis*. Au contraire c'est avec les Néoschwagérines que paraît se faire le grand développement des calcaires ouraliens et permiens. Les calcaires supérieurs à Néoschwagérines du groupe des Sumatrines se développent d'autre part puissamment vers le sud de l'Indo-Chine et au Laos : les calcaires de Pong-Oua (Laos) dont j'ai pu comparer les espèces à mes types de Chine m'ont fourni outre *N. globosa* Yabe, *N.* (*Sum.*) *Annæ* Volz déjà signalées par M. Douvillé, *Fus. exilis* Schw., et des espèces nouvelles dont l'une paraît avoir été confondue avec *Sch. Verbeeki* qui n'y existe pas. Enfin les grès calcareux de Si So Phon (Cambodge) m'ont fourni de magnifiques spécimens d'une espèce nouvelle de *Sumatrina*, qui sera prochainement décrite. Ces faunes sont étroitement liées à celles des îles de la Sonde.

A 4 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 6 MARS 1911.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, publiés par MM. les Secrétaires perpétuels; t. 150, janvier-juin 1910. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°.

Atlas photographique de la Lune publié par l'Observatoire de Paris, exécuté par M. LŒWY, Directeur de l'Observatoire, et M. P. PUISEUX, Astronome à l'Observatoire; 12ᵉ et dernier fascicule, comprenant : 1° *Études sur la topographie et la constitution de l'écorce lunaire* (suite et fin); 2° Planche *l : Tableau d'assemblage;* 3° Planches LXVI à LXXI : *Héliogravures d'après les agrandissements sur verre de six clichés des années* 1901, 1904, 1907, 1908 et 1909; texte et atlas. — *Index général des Formations lunaires représentées ou étudiées dans cet Ouvrage.* Paris, Imprimerie nationale, 1910; 2 fasc. in-4° et 1 fasc. in-f°.

Commemorazione del Socio national Sen. Prof. GIOVANNI SCHIAPARELLI, letta dal Socio GIOVANNI CELORIA, nella seduta del 6 novembre 1910. (Extr. des *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei : Cl. dei Sc. fis. mat. e nat.:* t. XIX, 5ᵉ série. Rome, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

La résistance de l'air et l'aviation : Expériences effectuées au laboratoire du Champ-de-Mars, par G. EIFFEL. Paris, H. Dunod et E. Pinat; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Cailletet.)

Les Poissons oligocènes de la Belgique, par MAURICE LERICHE; année 1910. Bruxelles, Polleunis et Ceuterick; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ch. Barrois.)

Structure anatomique des Mélobésiées. Application à la classification, par Mᵐᵉ PAUL LEMOINE. (Extr. des *Annales de l'Institut océanographique* [Fondation Albert Iᵉʳ, Prince de Monaco]; t. II, fasc. 2, 15 février 1911.) 1 vol. in-4°. (Présenté par M. L. Mangin.)

Chaleur animale et bioénergétique, par JULES LEFÈVRE; *Préface* de M. A. DASTRE, Membre de l'Institut; avec 211 figures dans le texte. Paris, Masson et Cⁱᵉ, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Dastre.)

Les explosifs modernes, par PAUL-F. CHALON; 3ᵉ édition, entièrement refondue. Paris, Ch. Béranger, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Ueber Explosionstemperaturen, von O. BINDER. (Extr. des *Mitteilungen über Gegenstände der Artillerie- und Geniewesens;* année 1911, 2ᵉ fasc.) 1 fasc. in-8°.

Theorie der kleinen Planeten, von MARTIN BRENDEL; Teil 4. (*Abhandlungen d. k. Gesell. d. Wiss. zu Göttingen : Math.-phys. Kl.*, N. F., Bd. VIII, Nʳ 1.) Berlin, Weidmann, 1911; 1 fasc. in-4°.

Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen : V. Die erdmagnetischen Registrierungen der Jahre 1905 *bis* 1908, von F. LINKE und G. ANGENHEISTER, mit 9 Tafeln und 4 in Text

gedruckten Figuren. (Même publication que l'Ouvrage ci-dessus, t. IX, n° 1.) Berlin, Wiedmann, 1911; 1 fasc. in-4°.

Connaissances élémentaires et genèse de la matière, par Ch. Ancel. Nancy, 1910; 1 fasc. in-12.

Smithsonian Institution : *Proceedings of the United States national Museum;* t. XXXVII. Washington, 1910; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 13 février 1911.)

Note de MM. *A. Guntz* et *J. Minguin*, Contribution à l'étude des radiations ultraviolettes :

Page 373, lignes 22 et 23, *au lieu de :*

Le glucose et le lévulose ont été caractérisés par leurs osazones,

lire :

La caractérisation a été déduite du seul fait de l'identité au microscope des produits jaunes donnés par l'action de la phénylhydrazine sur le saccharose exposé aux radiations ultraviolettes, et les produits jaunes obtenus en partant du sucre et glucose d'une part et sucre, glucose et lévulose d'autre part. Cette identification n'est certes pas absolue, mais certaines particularités nous permettent de croire à la spécification indiquée.

(Séance du 13 février 1911.)

Note de M. *J.-B. Senderens*, Sur les cétones dérivées de l'acide phénylpropionique :

Page 385, ligne 3 en remontant, *au lieu de* 140°, *lire* 440°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MARS 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. G. **Darboux** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires intitulés : *Un peu de géométrie à propos de l'intégrale de Poisson* et *Sur une méthode de Tissot relative à la construction des Cartes géographiques.*

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les eaux mères des marais salants* (¹).
Note de M. **Schlœsing** père.

Au cours d'un séjour en Tunisie, j'ai suivi les opérations de la saline de la Goulette, exploitée par le gouvernement de la Régence, et je me suis proposé d'étudier la composition des eaux mères, depuis le début de la cristallisation du sel jusqu'au moment où ces eaux sont rejetées à la mer.

La cristallisation du sel a lieu, comme on sait, surtout pendant le jour, au sein d'une dissolution sensiblement sursaturée et chauffée par le soleil, en sorte que les échantillons d'eaux mères prélevés dans ces conditions déposent

(¹) Après les travaux classiques de Balard, des recherches sur les eaux mères de marais salants risquent fort de manquer d'originalité. Je n'ai pu vérifier si les miennes sont dans ce cas. En effet, je ne connais d'autre publication des travaux de Balard que le résumé fourni par leur auteur à Regnault pour son Traité de Chimie. D'après ce résumé, il semble que Balard se soit occupé surtout des eaux mères concentrées au delà de 30° B., en vue d'en extraire le sulfate de sodium, le sulfate de potassium et le chlorure de ce métal, tandis que mes recherches ne concernent que les eaux mères dont le degré ne dépasse pas 29,5.

presque toujours leurs excès de sel dans les flacons : le degré aérométrique observé au moment du prélèvement correspond alors à un état transitoire de l'eau mère qui n'est pas défini; pour éviter autant que possible cette sorte d'erreur, j'ai prélevé mes échantillons le matin, à des températures comprises entre 18° et 20°, après le refroidissement nocturne et l'achèvement probable de la cristallisation. Néanmoins, ils ont encore déposé de petites quantités de sel pendant leur transport à Paris et leur séjour au laboratoire.

Au moment du prélèvement, leurs degrés B étaient 25,5, 27,6, 28,6, 29,56. Le premier échantillon représente l'eau de mer arrivée au point de concentration auquel elle est saturée de sel et va commencer à en déposer. Je n'ai pu recueillir d'échantillon d'eau mère concentrée au delà de 29°,56. C'est par accident que ce degré a été atteint, car on estime qu'un sel qui a baigné dans une eau aussi concentrée n'est plus propre à la consommation.

J'ai suivi dans mes analyses les procédés que j'avais déjà appliqués à l'eau de mer.

J'ai déterminé la densité des eaux mères, en pesant 50^{cm^3}, à la température de 20°, dans un carafon exactement jaugé.

Pour doser l'acide sulfurique, j'ai versé lentement un volume connu d'eau mère, dilué dans l'eau pure additionnée de quelques gouttes d'acide acétique, dans une dissolution bouillante de chlorure de baryum en excès. Le précipité obtenu dans ces conditions est, après lavage et calcination, presque dépourvu de cohésion, ce qui est un signe de sa pureté.

Le chlore et le brome ont été précipités ensemble à l'état de chlorure et de bromure d'argent. Je n'ai pas dosé le brome dans ce mélange; partant de son dosage dans l'eau de mer ($0^g,072$ dans 1^l) j'ai admis qu'il restait intégralement dissous, sans perte, pendant la concentration, de même que le magnésium, le potassium, l'acide sulfurique et que, par conséquent, sa proportion croissait comme celles de ces corps. Le brome étant ainsi calculé, la quantité de chlore s'en déduisait.

Le potassium et le sodium, après élimination de l'acide sulfurique par le chlorure de baryum suivie de l'application de la voie moyenne de Sainte-Claire Deville, se sont trouvés à l'état de carbonates que j'ai convertis en chlorures au moyen d'acide chlorhydrique titré, ce qui m'a donné un moyen de vérifier les dosages ultérieurs des deux métaux : les deux chlorures, après pesées, ont été changés en perchlorates dont j'ai séparé le perchlorate de potassium.

La magnésie a été dosée par la voie moyenne; son dosage a été contrôlé par le poids du sulfate qu'elle a fourni.

La chaux a été précipitée à l'état d'oxalate. On sait que les sels de magnésium retardent singulièrement la formation de ce précipité; mais ils perdent cette propriété, si l'on en fait des sels doubles par addition d'un sel ammoniacal pur. Je n'ai plus trouvé de chaux à partir du degré 27,6.

On peut combiner arbitrairement les bases et les acides, pour composer un Tableau où ne figurent que des sels; j'ai adopté le mode suivant de combinaison, qui convenait à l'emploi des eaux mères que je comptais faire plus tard : j'ai combiné le calcium à l'acide sulfurique; le reste de cet acide au magnésium; le reste de magnésium à du chlore; la totalité du sodium au chlore et au brome; après quoi il s'est trouvé que le reste de chlore correspondait au potassium.

Ces arrangements m'ont fourni le Tableau I suivant :

Tableau I.

Degré B au prélèvement...	25°,5	27°,6	28°,6	29°,56
1 litre d'eau mère contient :				
Sel marin................	257^{g}	229^{g},4	197^{g},3	171^{g},4
Sulfate de calcium.......	1,3	»	»	»
Sulfate de magnésium.....	21,9	42,1	56,5	69,1
Chlorure de magnésium...	32,3	62,2	81,7	99,7
Chlorure de potassium....	6,7	13,8	18,3	23,3
Bromure de sodium......	0,8	1,5	2,0	2,5
Eau (dosée par différence).	890,6	882,9	886,6	886,2
Total ou poids du litre....	1210,6	1231,9	1242,4	1252,3

En regardant ce Tableau, on sera surpris de trouver des quantités d'eau presque égales dans des volumes égaux de dissolutions salines de densités croissantes. Je me hâte de faire observer que, dans la constitution de mes sels, j'ai supprimé l'eau, n'en connaissant pas les proportions; mais en réalité l'eau, dont j'ai donné seulement le total, est à deux états : la majeure partie constitue le milieu liquide; une autre partie est combinée dans les sels; et comme la proportion de ces sels croît avec la densité des dissolutions, la quantité d'eau libre décroît en même temps.

Le chlore, comme l'eau totale, reste à peu près constant; son poids est compris entre 188^{g} et 191^{g} par litre : il paraît donc que la perte de chlore occasionnée par la cristallisation du sel est compensée, au cours de la concentration, par l'enrichissement en chlorure de magnésium et de potassium.

Pendant leurs parcours sur les tables salantes, les eaux mères éprouvent une perte, le plus souvent peu importante, par infiltration dans le sol : on a

dit à ce sujet que, en vertu des différences de leurs pouvoirs diffusifs, les sels qui se perdent ne gardent pas entre eux les proportions qu'ils affectent dans les eaux mères. Mes analyses permettent de voir si cette hypothèse se vérifie dans la saline de la Goulette, dont le sol est certainement perméable; en effet, si ces proportions changent dans les sels infiltrés, la composition des eaux mères non infiltrées en sera affectée; mais si celle-ci ne varie pas, on devra penser que le mélange salin s'infiltre dans le sol, tel qu'il existe au-dessus.

J'ai donc calculé les rapports entre les sels de magnésium et de potassium, y compris le bromure de sodium, mais non le sel marin, dans mes quatre échantillons, et j'ai obtenu le Tableau II qui suit :

Tableau II.

	Eau mère							
	à 25°,5.		à 27°,6.		à 28°,6.		à 29°,56.	
Sulfate de magnésium	21,9 gr soit	35,5 gr	42,1 gr soit	35,2 gr	56,5 gr soit	35,6 gr	69,1 gr soit	35,5 gr
Chlorure de magnésium	32,3	52,4	62,2	52,0	81,7	51,5	99,7	51,2
Chlorure de potassium	6,7	10,9	13,8	11,5	18,3	11,5	23,3	12,0
Bromure de sodium	0,8	1,2	1,5	1,3	2,0	1,3	2,5	1,3
	61,7	100,0	119,6	100,0	158,5	99,9	194,6	100,0

Si j'applique les mêmes calculs à 1 l d'eau de mer, dont j'ai donné antérieurement la composition, je trouve :

Sulfate de magnésium	2,45 gr	soit	35,5 gr
Chlorure de magnésium	3,56		51,5
Chlorure de potassium	0,81		11,7
Bromure de sodium	0,09		1,3
	6,91		100,0

On voit que les rapports entre les sels, autres que le sel marin, sont bien près de rester constants, non seulement dans les tables salantes, mais encore dans les bassins où l'eau de mer se concentre jusqu'à 25°,5; d'où je conclus que la composition du mélange salin qui se perd dans le sol par infiltration doit bien peu différer de celle du mélange normal.

Mes analyses suggèrent encore une remarque particulièrement intéressante pour les praticiens, la voici :

On peut toujours concevoir deux parts, dans l'eau mère à 25°,5, qui

entre dans les tables salantes : l'une destinée à se perdre par infiltration, au cours de la campagne saunière; l'autre qui ne subira aucune perte de ce genre. Laissant de côté la première, peu importante le plus souvent, je considère seulement la deuxième, et j'y vois un ensemble de sels, non compris le sel marin, de composition et de poids invariables; cet ensemble est comme un témoin des phénomènes d'évaporation et de cristallisation accomplis en sa présence, et si on lui rapporte les quantités d'eau et de sel restées avec lui dans les eaux mères, on saura comment ces quantités ont varié, c'est-à-dire combien d'eau a été évaporée, combien de sel a cristallisé entre deux limites de concentration des eaux.

TABLEAU III.

Ainsi 1ˡ d'eau mère		25°,5	27°,6	28°,6	29°,56
contient	sels témoins	61ᵍ,7	119ᵍ,6	158ᵍ,5	194ᵍ,6
	sel marin	257,0	229,4	197,3	171,4
	eau	890,6	882,9	886,6	886,2

Je ramène le litre d'eau mère à 27°,6, à 28°,6, à 29°,56 à un volume de cette eau qui contienne seulement les 61ᵍ,7 des sels témoins contenus dans 1ˡ d'eau mère à 25°,5; pour cela, je multiplie 1ˡ de ces eaux et les quantités d'eau et de sel contenus dans ce litre par les facteurs respectifs $\frac{61,7}{119,6}$, $\frac{61,7}{158,5}$, $\frac{61,7}{194,6}$; j'obtiens ainsi le Tableau suivant :

TABLEAU IV.

Eau mère à	25°,5	27°,6	28°,6	29°,56
Volumes	1ˡ	0ˡ,505	0ˡ,389	0ˡ,317
Sels témoins	61ᵍ,7	61ᵍ,7	61ᵍ,7	61ᵍ,7
Sel marin	257	118,2	76,8	54,3
Eau	890,6	455,1	345	280,9

De ces nombres je tire plusieurs données intéressantes :

1° 1ˡ d'eau mère à 25°,5, passant à	27°,6	28°,6	29°,56
se réduit à	0ˡ,505	0ˡ,389	0ˡ,317

2° Ce même litre passant à		27°,6	28°,6	29°,56
perd	sel cristallisé.	257ᵍ − 118ᵍ,2 = 138ᵍ,8	257ᵍ − 76ᵍ,8 = 180ᵍ,2	257ᵍ − 54ᵍ,3 = 207ᵍ,7
	eau vaporisée.	890,6 − 455,1 = 435,5	890,6 − 345 = 545,6	890,6 − 280,9 = 609,7

3° Ainsi 1l d'eau mère entrant à 25°,5 dans les tables et en sortant à 29°,56 y laisse 202g,7 sur 257g, soit 78,8 pour 100, ou près des $\frac{4}{5}$ de son sel;

4° Si l'on cherche les rapports entre les poids de sel cristallisé et les poids d'eau évaporée, quand l'eau mère à 25°,5 passe à 27°,6, à 28°,6, à 29°,56, on trouve, pour 100 d'eau, sel 31,9, 33, 33,2.

Le rapport croît très lentement; aussi peut-on admettre, en pratique, qu'il est constant, c'est-à-dire que :

Depuis le degré 25,5 jusqu'à 29,56, le poids de sel cristallisé est proportionnel au poids d'eau évaporée (à peu près $\frac{1}{3}$), comme si l'eau salée ne contenait que du sel pur.

5° Avec les nombres du Tableau IV, on peut construire trois courbes ayant pour abscisses les degrés B comptés à partir de 25°,5 pris pour origine, et pour ordonnées, la première, courbe des volumes, les volumes inscrits au Tableau correspondant aux degrés 25,5 — 27,6 — 28,6 — 29,56; la seconde, la courbe de l'eau, la troisième, la courbe du sel, ayant aussi pour ordonnées les poids d'eau et de sel correspondant aux mêmes degrés. Entre deux degrés B donnés, les différences entre les ordonnées feront connaître la réduction de volume, le poids d'eau évaporée, le poids de sel cristallisé.

En résumé, on voit dans la présente Note comment l'analyse des eaux mères conduit à des notions précises certainement utilisables dans l'exploitation des marais salants sur les faits essentiels qui s'y accomplissent, en faisant connaître les relations existant entre les densités ou les degrés B acquis par les eaux mères d'une part, et les quantités correspondantes d'eau évaporée et de sel cristallisé d'autre part.

ZOOLOGIE. — *Sur les Crustacés décapodes recueillis par la* Princesse-Alice *au cours de sa campagne de* 1910. Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Au cours de sa campagne de 1910, la *Princesse-Alice* est restée toujours dans les eaux franchement européennes; partie du Hâvre pour aboutir à Marseille, elle a sondé les profondeurs du golfe de Gascogne entre Belle-Isle et le cap Finistère, les parages hispano-portugais depuis ce dernier point jusqu'à Gibraltar, surtout aux alentours du banc Gorringe, enfin elle a donné quelques coups de filet dans la Méditerranée. Explorées déjà bien des fois, ces régions n'avaient pas livré tous leurs secrets, et en ce qui con-

cerne les Crustacés décapodes, la campagne qui vient de prendre fin peut compter comme une des plus intéressantes.

1° *Faune bathypélagique.* — Ce sont principalement nos connaissances sur la faune bathypélagique qui ont bénéficié de cette campagne, grâce à une heureuse modification apportée au filet vertical Richard par M. Bourée, aide-de-camp de S. A. S. le Prince de Monaco. On doit au filet Richard des notions très précises sur la variété de la faune bathypélagique, car ses mailles sont fort étroites et il retient les espèces les plus petites, mais par cela même il repousse l'eau sans lui faire subir un complet tamisage, de sorte que beaucoup d'êtres agiles lui échappent. Avec ses mailles plus larges et son tissu peu effilochable, le filet Bourée n'offre pas les mêmes inconvénients; il filtre bien l'eau et l'on peut le remonter fort vite, sans compter que son ouverture est munie de quatre auvents qui augmente sa surface de prise.

Dans une Note récente ([1]) M. Coutière a montré que cet engin capturait en abondance des Crevettes bathypélagiques considérées jusqu'ici comme extrêmement rares, mais qu'il ramenait surtout des adultes, les jeunes, plus petits, trouvant passage entre ses mailles. J'ai fait des observations de même nature sur les autres Décapodes bathypélagiques; elles sont particulièrement frappantes en ce qui concerne les petits Pénéides du genre *Gennadas*, jusqu'ici considérés comme peu répandus. Les trois espèces capturées au cours de la campagne sont le *Gennadas Alicei* Bouv., le *G. valens* Smith et le *G. elegans* Smith; elles comptent dans les diverses opérations les représentants suivants :

Stations.	*G. Alicei.*	*G. valens.*	*G. elegans.*
3015, S.-O. de Vigo, 0-4200m	5 ♂, 9 ♀	0 , 0	0 , 0
3024, Id. 0-4900m	1 ♂, 3 ♀	2 ♂, 2 ♀	0 , 0
3028, Gorringe, 0-5100m	13 ♂, 3 ♀	5 ♂, 0	0 , 1 ♀
3030, Id. 0-4750m	22 ♂, 14 ♀	6 ♂, 3 ♀	0 , 0
3033, Id. 0-5000m	14 ♂, 10 ♀	2 ♂, 0	0 , 1 ♀
3036, S.-O. du cap St-Vincent 0-4740m	9 ♂, 17 ♀	2 ♂, 4 ♀	1 ♂, 5 ♀
3039, Id. Id. 0-3660m	12 ♂, 21 ♀	3 ♂, 4 ♀	9 , 0
3052, E. du cap Gate, 0-990m	0 , 0	0 , 0	1 ♂, 1 ♀
Total des sexes	76 ♂, 77 ♀	20 ♂, 13 ♀	2 ♂, 8 ♀
Total général	153	33	10

([1]) H. Coutière, *Sur les Crevettes eucyphotes recueillies en* 1910 *au moyen du filet Bourée, par la* Princesse-Alice (*Comptes rendus*, t. 152, p. 156).

A part quelques rares exceptions, tous ces exemplaires sont de beaux adultes. Or, jusqu'à 1905, le *G. Alicei* avait été ramené 14 fois, donnant en tout 20 individus parmi lesquels 4 adultes, et le *G. valens* 12 fois, avec un total de 21 exemplaires, dont 9 adultes. Quant au *G. elegans* qu'on trouve seul en Méditerranée et qui se répand largement dans tout l'Atlantique, il fut trouvé au cours de 43 opérations qui donnèrent 229 individus parmi lesquels 41 adultes seulement.

Ainsi, non seulement le filet Bourée capture les adultes en laissant passer les jeunes, mais il donne des notions singulièrement nouvelles sur la richesse de la faune bathypélagique. Le *G. Alicei* doit se ranger désormais parmi les espèces les plus communes de cette faune, alors que, jusqu'ici, on le considérait comme une espèce très rare; le *G. valens* est moins répandu; le *G. elegans*, d'autre part, semble échapper assez bien au filet Bourée, ce qui tient vraisemblablement à sa taille plus réduite.

Grâce au filet Bourée, on possède aussi de plus amples renseignements sur un grand Pénéide, la *Funchalia Woodwardi*, sur laquelle j'ai déjà eu l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie. Cette espèce resta longtemps problématique, car on ne la connaissait que d'après le grand individu décrit par Johnston et trouvé à Madère. Dans une campagne antérieure, la *Princesse Alice* avait capturé des larves (que j'ai appelées *grimaldielles*) et deux jeunes immatures. L'espèce a été retrouvée dans les parages du banc Gorringe au cours de 4 opérations, entre la surface et 5100^{m} de profondeur. Ces coups de filet ont donné 5 exemplaires : une femelle jeune dont la carapace mesure 24^{mm}, — un mâle immature, où la même partie du corps atteint 25^{mm}, — un autre légèrement plus fort et présentant un pétasma presque normal, — un quatrième plus fort encore, — et un grand mâle dont la carapace mesure 37^{mm}, la longueur totale étant de 100^{mm}. Ce dernier exemplaire présente une épine hépatique, dont on ne voit pas trace dans les exemplaires plus jeunes; il est d'ailleurs muni d'épines rostrales beaucoup plus nombreuses, et son rostre a une inflexion sigmoïde des plus nettes, qu'on retrouve dans un exemplaire plus jeune. Ainsi nous sont dévoilées peu à peu les variations subies au cours de l'âge par cette espèce bathypélagique rare et curieuse.

Les *Eryoneicus*, délicieux ballonnets hyalins flanqués d'une queue pour gouvernail, sont également des Macroures bathypélagiques, mais ils ne paraissent guère communs et l'on compte les exemplaires qui les représentent dans les Musées. Avec ses filets Richard et Bourée, le Prince en a fait une collection qui peut passer pour la plus riche ; il vient de capturer encore, entre

la surface et 5000m, deux spécimens de l'*E. spinoculatus* Bouvier, dont on ne connaissait qu'un exemplaire trouvé aux Açores par la *Princesse-Alice*. Les *Eryoneicus* doivent flotter plutôt que nager et leur taille n'est pas minime; ils ne sauraient échapper au filet remontant et doivent, à juste titre, être considérés comme très rares.

2° *Espèces de fond ou de surface.* — Les Décapodes abyssaux recueillis durant la campagne offrent un intérêt moindre. Il convient pourtant de signaler la capture de deux Galathéidés aveugles : un mâle de *Munidopsis crassa* Smith et une femelle de *M. Antonii* A. M.-Edw. Ces deux espèces comptent parmi les raretés zoologiques et habitent les plus grands fonds; de la première on ne connaissait qu'une femelle capturée au nord-est des États-Unis par 2574 brasses de profondeur, alors que le mâle de la *Princesse-Alice* provient des eaux espagnoles où il fut pris sur un fond de 4380m. Quant à la seconde, elle était représentée par les quatre exemplaires recueillis aux Açores sur un fond de 3975m, durant la campagne du *Talisman;* le *Challenger* l'avait également capturée au large de Valparaiso (2400 brasses), et l'exemplaire de la *Princesse-Alice* appartient aux mers d'Europe où elle a été prise sur un fond de 3910m. Il apparaît ainsi, une fois de plus, que les espèces de grandes profondeurs ne restent pas localisées en des aires géographiques étroites.

Dans le chalut où se trouvait l'exemplaire de *Munidopsis crassa*, furent également recueillis les restes bien caractéristiques d'un Crabe de surface très commun, le *Polybius Henslowi*. Faut-il croire que ces restes purent atteindre la profondeur de 4380m sans être happés par un poisson, ou qu'ils ont été accidentellement capturés par le chalut durant sa course remontante? En tout cas, le *Polybius* ne saurait être rangé parmi les espèces abyssales ; il nage près de la surface et ne fut jamais trouvé au-dessous de 240m.

Pour finir, il convient de signaler la richesse carcinologique d'une épave recueillie par la *Princesse Alice* dans le golfe de Cadix. Sur cette épave se trouvaient en extrême abondance 3 Galathéides rouges, *Porcellana longicornis*, *Galathea dispersa* et *G. squamifera;* on y prit également 3 *Galathea strigosa* joliment piquetées de taches blanches sur fond rouge vif, 3 Crabes étrilles (*Portunus puber*) rouges et violacés, et, en très grand nombre, le petit Crabe *Pilumnus hirtellus*, de coloration grisâtre. Il est à noter que toutes ces espèces se tiennent sur le fond, soit près du littoral, soit à des profondeurs plus ou moins grandes (la *G. dispersa* est commune entre 10m et 550m) ; entraînées sur une épave, elles se trouvaient dans des conditions

anormales qui ont influé sur leur système pigmentaire. A l'exception du *Pilumnus hirtellus*, en effet, toutes ces espèces présentaient un coloris des plus vifs, très différent de celui qui leur est propre dans leur habitat ordinaire.

M. GASTON BONNIER présente de la part de M. AL. DAUFRESNE un *nouveau microscope d'enseignement*.

Ce microscope est à deux oculaires, éloignés l'un de l'autre avec repérage pour observations simultanées de la même préparation. Le professeur et l'élève peuvent ainsi identifier et observer en même temps chaque région du champ du microscope.

Cet instrument peut servir aussi, dans le même but, de microscope polarisant. Ce dispositif pourra être fort utile pour les travaux pratiques et les examens de micrographie.

M. R. ZEILLER fait hommage à l'Académie, au nom de M^me^ Fliche, d'un Ouvrage posthume de P. FLICHE, intitulé : *Flore fossile du Trias en Lorraine et Franche-Comté*, publié par M. *Ph. Guinier* et qu'il a complété par des *Considérations finales*.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de l'année 1911.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

ANATOMIE ET ZOOLOGIE : *Prix Savigny*, *Grand Prix des Sciences physiques*, *Prix Cuvier*. — La Section d'Anatomie et Zoologie et MM. Grandidier, Lannelongue, le Prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Douvillé.

MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon*, *Barbier*, *Bréant*, *Godard*, *du Baron Larrey*, *Bellion*, *Mège*, *Chaussier*. — La Section de Médecine et Chirurgie et MM. Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

Physiologie : *Prix Montyon*, *Philipeaux*, *Lallemand*, *Pourat*. — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Prix Pourat* pour l'année 1914.

Statistique : *Prix Montyon*. — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Darboux, Poincaré, Carnot, Alfred Picard, le Prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Labbé, Tisserand.

Histoire des Sciences : *Prix Binoux*. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Grandidier, Poincaré, Émile Picard, Guyou, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Bigourdan.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — Le Bureau de l'Académie.

Prix Gegner, Lannelongue, Trémont. — Le Bureau et les deux délégués de la Commission administrative.

Prix Wilde. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Troost, Lippmann, Poincaré, Émile Picard, Violle.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM Baillaud, Termier.

Prix Lonchampt. — MM. Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Chauveau, Perrier.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Dedekind*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 42,

M. Hilbert	obtient	....	39 suffrages
M. Bianchi	»	....	1 suffrage
M. Liapounov	»	....	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Hilbert**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Beiträge zur Geologie des Unterengadins*, par Chr. Tarnuzzer et U. Grubenmann.

2° *Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe*, par Arnold Heim.

3° *Les phénomènes thermiques de l'atmosphère*, par Émile Schwoerer. (Présenté par M. P. Appell.)

4° Les Tomes I et II de *La Technique moderne*. (Présenté par M. P. Appell.)

5° *Détermination de l'altitude du mont Huascaran (Andes du Pérou)*, exécutée en 1909 sur la demande de M^me F. Bullock-Workman par la Société générale d'études et de travaux topographiques. (Présenté par M. J. Carpentier.)

6° *Histoire de la cochenille au Mexique*, par M. Léon Diguet. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les continus irréductibles entre deux points.* Note de M. **Sigismond Janiszewski**, présentée par M. P. Appell.

Dans ma Note du 18 juillet 1910, j'ai essayé de montrer la grande variété et l'irrégularité d'un continu irréductible entre deux points [1] et

---

[1] Un continu irréductible entre deux points A et B ou arc irréductible AB est un ensemble : 1° continu; 2° contenant A et B; 3° irréductible par rapport à ces deux propriétés (comp. Zoretti, *Annales de l'École Normale*, 1909).

je me suis borné à l'étude du genre le plus simple de ces continus, des arcs simples. Pourtant le continu irréductible AB est aussi susceptible de théorèmes tout à fait généraux et mérite d'être étudié ([1]).

La seconde partie de ma Note en question nous montre déjà une propriété générale d'un arc irréductible, qui n'est pas simple (nous nous bornons naturellement à ceux-là, les arcs simples étant étudiés à part). Elle exprime qu'il y a sur un arc irréductible non simple AB deux points M et N ($M \not\equiv N$) tels que soit $AM \equiv AN$, soit $BM \equiv BN$, et que dans le voisinage de M et de N il existe un continu de condensation ([2]).

Je vais démontrer à présent que M et N sont eux-mêmes situés respectivement sur un continu de condensation. Je remarque que ce théorème ne dérive point du précédent et n'est nullement évident. On peut en effet construire un continu, *dont* TOUS *les points* SAUF UN *appartiennent à des continus de condensation*.

I. *Étant donné un continu irréductible à la fois entre* A *et* B *et entre* A *et* C ($B \not\equiv C$), *c'est-à-dire*

$$AB \equiv AC$$

et sur lui un BC *quelconque* ([3]) *on a, pour chaque point* M *de* BC, *soit*

$$AM \equiv AB,$$

soit

$$BM \equiv CM \equiv BC.$$

Distinguons deux cas :

1° AM contient B.

Comme AM est un sous-ensemble de AB

$$AM \equiv AB.$$

Cette identité montre en même temps qu'il n'existe sur AB qu'un seul continu irréductible entre A et M;

2° AM ne contient pas B; dans ce cas, il ne peut pas contenir C, car autrement il contiendrait AC, c'est-à-dire AB, donc B.

Considérons sur BC deux continus irréductibles quelconques, l'un entre

---

([1]) Voir ZORETTI, *Comptes rendus*, t. 151, n° 3.

([2]) C'est-à-dire un sous-ensemble continu $\mathcal{K}$ d'un continu donné $\mathcal{C}$, tel que l'ensemble dérivé de $\mathcal{C}-\mathcal{K}$ contient $\mathcal{K}$.

([3]) Voir le théorème I de ma Note citée et la Note de M. Mazurkiewicz (*Comptes rendus*, t. 151, n° 4).

M et B, l'autre entre M et C. Les identités

$$\mathfrak{M}(AM, BM) \equiv AB,$$
$$\mathfrak{M}(AM, CM) \equiv AC \equiv AB,$$

(théorème II de la Note citée) montrent que BM et CM contiennent tous les deux les points B et C. Mais comme BM et CM sont des sous-ensembles de BC

$$BC \equiv BM \equiv CM.$$

Les continus qui sont irréductibles entre deux quelconques de trois points donnés forment une classe tout à fait particulière. Je les désigne par ABC.

II. *Étant donné un continu irréductible*

$$AB \equiv AC \qquad (B \not\equiv C),$$

tout BC *situé sur* AB *qui n'est pas un* BCM *est un continu de condensation de* AB.

En effet, l'ensemble (AB − BC) contient A, BC étant par hypothèse différent de AB ≡ AC.

Soit Γ l'ensemble de tous les points de (AB − BC) bien enchaînés avec A. Il est évident que Γ n'est pas fermé. Il existe donc un point M de l'ensemble dérivé Γ′ qui n'est pas contenu dans Γ et par conséquent aussi dans (AB − BC); ce point appartient nécessairement à BC. En tenant compte de notre hypothèse, on voit d'après le paragraphe I, qu'il n'existe qu'un continu irréductible entre A et M :

$$AM \equiv AB.$$

Comme A et M font partie de l'ensemble Γ′ qui est continu, Γ′ contient un continu irréductible entre A et M qui n'est autre que AM.

Par conséquent

$$(AB - BC)' > \Gamma' > AM \equiv AB > BC,$$

ce qui montre que BC est un continu de condensation pour AB.

C. Q. F. D.

J'appelle *point de la seconde espèce* tout point situé sur un continu de condensation; tous les autres points seront dits *de la première espèce*.

III. *Tous les points d'un continu* ABC (≡ AB ≡ AC ≡ BC) *sont de la deuxième espèce.*

Soit M un point de AB. On a soit : 1° AM ≡ BM ≡ CM ≡ AB; soit : 2° un des continus AM, BM, CM, par exemple CM, est différent de AB; CM ne contiendra donc ni A ni B.

L'identité

$$\mathfrak{M}(CM, AM) \equiv AB$$

montre que B appartient à AM et l'identité

$$\mathfrak{M}(CM, BM) \equiv AB,$$

que A appartient à BM. Par conséquent

$$AM \equiv BM \equiv AB.$$

Dans les deux cas on voit que tout point de notre continu joue le même rôle que les points A, B, C. Il suffit donc de montrer qu'un des points A, B et C est de la seconde espèce. Décrivons, de C comme centre, une sphère laissant A à l'extérieur. A l'intérieur de cette sphère, il existe, comme on peut le démontrer, un sous-ensemble de AB continu et contenant C. Soit P un point de ce continu et considérons sur lui un PC.

$$CP \not\equiv AB,$$
$$AP \equiv AC.$$

En raisonnant comme plus haut (§ II), on obtient, en employant les mêmes notations, un point M de Γ' et de PC. Mais comme CP et *a fortiori* CM ne contient ni A ni B, l'identité

$$\mathfrak{M}(AM, CM) \equiv AC \equiv AB$$

montre que

$$AM \equiv AB.$$

D'où il résulte, comme plus haut, que PC est un continu de condensation de AB, et C un point de la deuxième espèce.

Par conséquent, si AB ≡ AC, on voit, d'après les paragraphes II et III, que *tout* BC *n'est composé que des points de la deuxième espèce.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles à points critiques fixes et les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur.* Note [1] de M. **René Garnier**, présentée par M. P. Appell.

Soit (E_n) une équation différentielle linéaire du deuxième ordre, privée de son second terme, possédant $n+3$ points essentiellement singuliers,

[1] Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

$t_1, \ldots, t_n, t_{n+1}=0, t_{n+2}=1$ et ∞, réguliers au sens de L. Fuchs, et n points apparemment singuliers, $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$. Dans une Note précédente [1] j'ai montré que, pour que le groupe de (E_n) soit indépendant des t_i, il faut que les λ_j vérifient un système (f_n, F_n) d'équations aux dérivées partielles dont l'intégrale dépend de $2n$ constantes arbitraires; considérées comme fonctions de l'un des paramètres t_i, les combinaisons symétriques des λ_j *ont leurs points critiques indépendants des constantes arbitraires*. Dans cette Note j'examinerai un cas particulier où (f_n, F_n) *admet toutes les solutions d'un système aux dérivées partielles d'ordre* n.

1. Appelons (E'_n) une équation (E_n) admettant une intégrale y_1 dont la dérivée logarithmique est rationnelle. On a nécessairement

$$y_1=[\psi(x)]^{-\frac{1}{2}}\prod_{i=1}^{n+2}(x-t_i)^{r_i},$$

où $\psi(x)=\prod_{j=1}^{n}(x-\lambda_j)$. Pour que le groupe G de E'_n soit indépendant des t_i, *il faut que* $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ *vérifient le système complètement intégrable*

$$(1)\quad \frac{\partial\lambda_j}{\partial t_i}=\frac{\psi(t_i)\varphi(\lambda_j)}{\varphi'(t_i)\psi'(\lambda_j)(\lambda_j-t_i)}\left[\sum_{k=1}^{n}{}^{i}\frac{1-2r_k}{\lambda_j-t_k}-\frac{2r_i}{\lambda_j-t_i}\right]\quad (i, j=1, 2, \ldots, n)\ [2],$$

où $\varphi(x)=\prod_{i=1}^{n+2}(x-t_i)$. Toutes les solutions de (1) appartiennent à (f_n, F_n).

Ce système s'intègre de la façon suivante. Soit σ_ν la fonction symétrique élémentaire d'ordre i de $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$; posons $\sigma_\nu=\theta_\nu\theta_0^{-1}$; on peut choisir *les* θ_ν *de telle sorte qu'ils vérifient un système linéaire d'ordre* $n+1$; d'une façon précise, on a

$$K\theta_\nu=Ks_\nu\theta_0-\sum_{i=1}^{n}t_i(t_i-1)s_{\nu-1}^{i}\frac{\partial\theta_0}{\partial t_i}$$

$\Big[$où l'on a $K=1+\sum_{i=1}^{n+2}(2r_i-1)$, et où s_ν et s_ν^i désignent les fonctions symétriques élémentaires d'ordre ν de $t_1, \ldots, t_n$ et de $t_1, \ldots, t_{i-1}, t_{i+1}, \ldots, t_n\Big]$,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 151, p. 205.

[2] L'indice i placé à la droite du signe Σ signifie que l'indice de sommation ne peut prendre la valeur i.

et θ_0 vérifie le système

$$(S_{n+1})\ \frac{\partial^2\theta_0}{\partial t_i^2}=\left(\sum_{k=1}^{n}{}^{i}\frac{2r_k-1}{t_i-t_k}+\frac{2r_{n+1}+2r_i-2}{t_i}+\frac{2r_{n+2}+2r_i-2}{t_i-1}\right)\frac{\partial\theta_0}{\partial t_i}$$

$$-(2r_i-1)\sum_{k=1}^{n}{}^{i}\frac{t_k(t_k-1)}{t_i(t_i-1)(t_i-t_k)}\frac{\partial\theta_0}{\partial t_k}-\frac{K(2r_i-1)}{t_i(t_i-1)}\theta_0,$$

$$(t_i-t_k)\frac{\partial^2\theta_0}{\partial t_i\,\partial t_k}=(1-2r_k)\frac{\partial\theta_0}{\partial t_i}-(1-2r_i)\frac{\partial\theta_0}{\partial t_k}.$$

Considérée comme fonction de t_i, θ_0 vérifie une équation différentielle d'ordre $n+1$ identique à celle de Pochhammer ([1]); $\theta_0(t_i)$ est donc une *fonction hypergéométrique d'ordre supérieur*. Ainsi, pour $n=1$, on retrouve l'équation de Gauss, ce qui était immédiat, le système (1) se réduisant à une équation de Riccati ([2]). Pour $n=2$, le système (S_3) avait été rencontré déjà par M. Appell ([3]) et par M. Picard ([4]). Toutes les propositions établies par M. Appell pour le système (S_3) *s'étendent à* (S_{n+1}); en particulier, on peut représenter θ_0 à l'aide d'*intégrales définies*, simples et multiples, et à l'aide de *séries* telles que

$$\sum_{m_1=0}^{+\infty}\cdots\sum_{m_n=0}^{+\infty}\frac{(\alpha,m_1+\ldots+m_n)(\beta_1,m_1)\ldots(\beta_n,m_n)}{(\gamma,m_1+\ldots+m_n)(\gamma_1,m_1)\ldots(\gamma_n,m_n)}t_1^{m_1}\ldots t_1^{m_n}.$$

2. J'ai retrouvé ces résultats par une tout autre méthode, basée uniquement sur la considération du groupe G de (E'_n). J'ai démontré ainsi que σ_ν est égal au quotient $\Delta_\nu\Delta_0^{-1}$ de deux déterminants Δ_ν et Δ_0 formés de la façon suivante : soit a_i une quantité indépendante de $t_1\ldots t_n$; posons $e^{2\pi r_i\sqrt{-1}}=s_i$ et

$$A_i^{(j)}=\int_{L_i}x^j\prod_{i=1}^{n+2}(x-t_i)^{-2r_i}\,dx,$$

où L_i représente un chemin fermé, *d'origine x_0 fixée une fois pour toutes*,

---

([1]) *Journ. für reine und angew. Math.*, Bd. 71, 1870, p. 216; *Cf.* TISSOT, *Journal de Liouville*, 1re série, t. XVII, 1852, p. 177.

([2]) Dans ce cas particulier, ce résultat avait été obtenu par M. R. Fuchs (*Math. Ann.*, t. LXIII, p. 319).

([3]) *Comptes rendus*, 1880, 1er et 2e semestres; *Journal de Liouville*, 3e série, t. II, 1882, p. 173.

([4]) *Ann. Éc. Norm.*, 2e série, t. X, 1881, p. 305.

et décrit autour de t_i $(i = 1, \ldots, n+2)$; les lignes de rang i dans Δ_j et Δ_0 sont respectivement

$$A_i^{(n)} \ldots A_i^{(j+1)}, \quad A_i^{(j-1)} \ldots A_i^{(0)}, \quad 1 - s_i^{-2}, \quad a_i \qquad \text{et} \qquad A_i^{(n)} \ldots A_i^{(0)}, \quad 1 - s_i^{-2}, \quad a_i.$$

L'expression $\delta_0 = \Delta_0 \prod_{i=1}^{n+2} \prod_{k=1}^{n+2,\,i} (t_i - t_k)^{2r_i + 2r_k - 1}$ satisfait à la même équation que θ_0.

3. Dans son Mémoire (*loc. cit.*, p. 317), M. Richard Fuchs s'était proposé le problème précédent pour $n = 1$. Il est arrivé à cette conclusion : pour que le groupe de (E'_1) soit indépendant de t_1, il faut et il suffit que

$$\int y_1^{-2}\, dx = \int x^{-2r_2}(x-1)^{-2r_3}(x-t_1)^{-2r_1}(x-\lambda_1)\, dx$$

prenne la même valeur pour tout chemin fermé L, abstraction faite d'un facteur constant (indépendant de t_1). Cet énoncé suppose implicitement que y_1^{-2} est uniforme; d'ailleurs, c'est seulement sous cette condition que les formules d'où part M. R. Fuchs sont correctes. Néanmoins, l'application qu'il en fait (*loc. cit.*, p. 320) se trouve exacte. Plus généralement, j'ai démontré ce théorème : *pour que le rapport des valeurs* $\mathfrak{L}_i$ *et* $\mathfrak{L}_j$ *de l'intégrale*

$$(2) \qquad \int \psi(x)\, \Pi(x - t_i)^{-2r_i}\, dx,$$

prise le long de deux cycles de cette intégrale soit indépendant des t_i, *il faut et il suffit que* $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ *vérifient le système* (1). En particulier, si $r_k = \frac{1}{4}$, l'intégrale (2) est hyperelliptique et de seconde espèce; $\mathfrak{L}_i$ et $\mathfrak{L}_j$ désignent deux de ses périodes.

CHALEUR. — *Transport de particules de certains métaux sous l'action de la chaleur.* Note [1] de MM. **G. Reboul** et **E. Grégoire de Bollemont**, présentée par M. G. Lippmann.

Au cours de ses expériences sur la conductibilité des gaz chauds, M. Blondlot [2] a constaté qu'en chauffant pendant quelques heures deux

---

(1) Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

(2) Blondlot, *Comptes rendus*, t. 102, 1886, p. 210.

électrodes, l'une en platine, l'autre en cuivre, disposées en regard l'une de l'autre, il se produisait sur l'électrode de platine un abondant dépôt noir.

Sur les conseils de M. Blondlot, nous avons essayé de préciser les conditions de ce phénomène. L'appareil de chauffage est un four électrique à résistance, système Guntz [1], qui donne facilement une température élevée et rigoureusement constante, indiquée par un couple thermo-électrique.

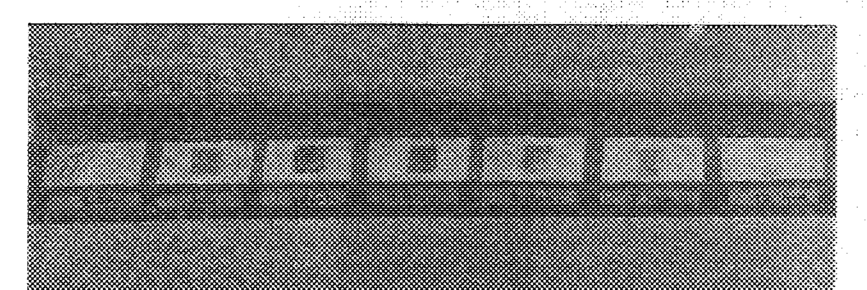
Les lames de platine, de forme carrée d'environ 2^{cm} de côté, et les lames de cuivre sous forme de bandes de $0^{mm},5$ de largeur, sont séparées par de petites cales de mica ou de quartz et introduites dans le four. Après un temps de chauffe déterminé on observe, sur la lame de platine, un dépôt noir constitué en grande partie par de l'oxyde de cuivre. Ce dépôt est partiellement soluble dans l'acide azotique bouillant et complètement soluble dans l'eau régale.

I. *L'abondance du dépôt dépend du temps de chauffe.*

Le dépôt augmente d'abord avec le temps, passe par un maximum, diminue et disparaît.

Le cliché suivant indique un maximum pour une minute, la température étant 800°.

Fig. 1.



Ceci pourrait peut-être s'expliquer par l'existence simultanée d'un transport du cuivre sur le platine et d'une volatilisation du dépôt formé sur ce dernier : quand on chauffe, en l'absence de la lame de cuivre, une lame de platine préalablement recouverte de dépôt, celui-ci disparaît; au contraire, quand on chauffe l'ensemble des deux lames dans une atmosphère confinée (la lame de platine étant close dans une enveloppe de cuivre), l'abondance du dépôt augmente.

---

(1) Guntz, *Journal de Chimie physique*, t. I, 1903.

II. *L'abondance du dépôt dépend de la température.* — Le maximum se produit au bout d'un temps de chauffe de plus en plus court, à mesure que la température augmente. Cela montre que le dépôt se forme et disparaît plus vite aux températures élevées.

Au-dessous de 400°, il n'y a aucun dépôt ;
A 400°, un maximum vague après 30 minutes de chauffe;
A 500°, un maximum net après 10 à 15 minutes de chauffe;
A 600°, un maximum net après 5 à 10 minutes de chauffe;
A 800°, un maximum net après 1 minute de chauffe;
A 900°, un maximum net après 30 secondes de chauffe.

III. *L'abondance du dépôt dépend de la distance des deux lames.* — L'abondance du dépôt diminue rapidement quand la distance augmente, son maximum se produisant au bout du même temps de chauffe.

Par exemple, à une température de 850°, le dépôt est très net pour la distance de $0^{mm},5$, net pour 1^{mm}, il est vague pour la distance de 2^{mm} et il est nul pour la distance de 3^{mm}.

Les contours de la lame de cuivre étant exactement reproduits sur la lame de platine (à condition que la distance ne soit pas trop grande), il semble que le dépôt soit le résultat d'une *projection*.

Ainsi avec une lame de cuivre en forme de croix et à une distance de 1^{mm} environ, l'aspect de la lame de cuivre est reproduit sur la lame de platine.

Fig. 2.

Température : 850° ; pose 30 secondes.

IV. *L'état de la surface semble jouer un rôle prépondérant.* — La façon dont on a nettoyé les lames de platine et de cuivre, la nature même de ces lames, produisent sur l'abondance du dépôt des variations considérables.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Écartement des particules dans les mouvements browniens à l'aide des chocs sonores très rapides.* Note de M. **Samuel Lifchitz**, présentée par M. A. Dastre.

La décharge de l'étincelle d'un condensateur provoque des vibrations sonores très rapides.

La période de ces vibrations peut être calculée, si l'on connaît la capacité et la self-induction de la batterie qui se décharge.

Nous avons observé ces oscillations sonores à l'ultramicroscope, en étudiant les changements des mouvements browniens des particules de fumée et des particules de chlorhydrate d'ammonium, qui se produisent sous leur influence.

La fumée était introduite soit dans une petite cuve à faces parallèles de 1^{mm} d'épaisseur, ouverte sur l'un des côtés et placée sur un condensateur paraboloïde ou cardioïde de Zeiss, soit dans la cuve de l'ultramicroscope de Leitz recouverte en partie avec une lamelle.

L'étincelle était produite à une distance variant de 5^{cm} à 30^{cm} de la cuve.

Au moment de la production de l'étincelle, on observe deux phénomènes :

1° Un déplacement en masse de toutes les particules de la fumée et 2° un écartement brusque de ces particules dans des sens les plus différents, de sorte que les positions relatives des unes par rapport aux autres se modifient.

Le premier phénomène peut être obtenu isolément en déplaçant l'éclateur, de telle sorte que les ondes sonores ne puissent pénétrer en ligne droite dans la couche de fumée observée sous le microscope. Nous n'avons alors qu'un déplacement en masse de toutes les particules de fumée, déplacement qui dépend probablement du premier bruit qu'on entend au moment de la décharge. Ce déplacement peut aussi être produit par des phénomènes analogues : coup de pistolet, souffle, déplacement mécanique de l'air, etc.

Quant au second phénomène, il ne peut être obtenu tout à fait seul; mais il peut être mieux mis en évidence en introduisant la fumée dans une petite cuve à *faces très rapprochées.* Cette disposition augmente le frottement de toute la masse d'air.

L'écartement est d'autant plus grand que l'énergie de la décharge est plus grande.

Pour une énergie donnée, avec un même condensateur et une même longueur de l'étincelle, l'écartement est d'autant plus grand que la self-induction est plus petite, c'est-à-dire que la période des oscillations est plus rapide.

Les durées limites de ces oscillations qui produisent le phénomène de l'écartement sont assez étendues.

Dans nos expériences les oscillations variaient de 250000 jusqu'à plusieurs dizaines de millions par seconde.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la constitution de l'étincelle électrique.* Note de M. E. CAUDRELIER, présentée par M. E. Bouty.

J'ai rendu compte précédemment [1] d'expériences destinées à étudier l'étincelle de décharge des transformateurs. Le but de mes nouvelles recherches a été de déterminer l'influence de l'ionisation initiale de l'air de la coupure.

La méthode employée était celle d'observation par soufflage; on disposait de deux appareils A et B identiques, l'étincelle A étant constamment soufflée avec de l'air puisé dans la salle.

1° Le courant d'air qui étale l'étincelle B traverse au préalable un vase dans lequel brûle un arc au charbon et dont la distance à l'éclateur est aussi réduite que possible pour éviter la recombinaison des ions dans leur trajet jusqu'à l'étincelle.

Dans ces conditions et pour une valeur suffisante du courant, on n'observe aux éclateurs A et B aucune différence appréciable dans l'aspect des étincelles et l'écartement des traits lumineux dans l'une et l'autre est sensiblement le même.

2° Même expérience en remplaçant l'arc par un pulvérisateur destiné à surcharger le courant d'air de vapeur d'eau ou de liquides conducteurs.

3° On a placé au-dessous de l'étincelle B un bec Bunsen dont la flamme écrasée par du papier d'amiante ne peut atteindre les électrodes; de plus le courant d'air avant d'arriver à l'ajutage B traverse des tubes portés au rouge.

Dans les limites de température des expériences (17° et 100°) et quel que soit le courant, les deux étincelles A et B restent sensiblement identiques.

4° Enfin on a étudié l'action directe de la flamme sur l'étincelle et à cet effet on a supprimé le papier d'amiante employé dans l'expérience précédente.

L'influence de la flamme dépend essentiellement du courant qui parcourt le secondaire du transformateur. Pour une longueur d'étincelle donnée, il existe une valeur de l'intensité au-dessus de laquelle l'aspect de l'étincelle n'est pas modifié par une

---

(1) E. CAUDRELIER, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1257; t. 150, 1910, p. 615.

flamme, tandis que pour des courants d'intensité moindre l'action de la flamme est d'augmenter dans une grande proportion le nombre de traits lumineux.

D'après ces expériences, l'état initial d'ionisation de la coupure influe dans certains cas sur la constitution de la décharge des transformateurs; son action est d'ailleurs complexe. Cette constatation confirme la théorie que j'ai établie précédemment ([1]).

PHYSIQUE. — *Sur le rendement en rayons secondaires des rayons X de qualité différente.* Note ([2]) de M. **Guilleminot**, présentée par M. Villard.

J'ai montré ([3]) que les rayons S de l'aluminium donnés par un faisceau de rayons X n° 7-8 très filtré et quasi-monochromatique, ont à peu près le même coefficient de pénétration que les RX primaires, et leur intensité, dans une direction voisine de la normale, du côté de la face d'incidence, est donnée par la formule

$$\Sigma \mathrm{RS} = z I_0 \frac{1 - K^{2l}}{2}, \tag{I}$$

dans laquelle I_0 est l'intensité du faisceau X primaire, K son coefficient de pénétration ([4]), l l'épaisseur de la lame d'aluminium diffusante, et z un coefficient de rendement.

([1]) E. Caudrelier, *Comptes rendus*, t. 149, p. 519 et 1117.

([2]) Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

([3]) *Comptes rendus*, 6 mars 1911, p. 595.

([4]) Au lieu de caractériser un faisceau X monochromatique par son coefficient de pénétration K à travers une épaisseur d'aluminium de 1^{mm}, on peut le définir par λ, épaisseur d'aluminium nécessaire pour réduire son intensité à $\frac{1}{e}$ de sa valeur initiale. Alors la courbe de pénétration du faisceau, au lieu d'être déterminée par la formule $I = I_0 K^l$, répond à la formule $I = I_0 e^{-}$ ordinairement employée, et équivalant à la première quand on pose $K = e^{-\frac{1}{\lambda}}$. La formule du rendement en RS devient alors

$$\Sigma \mathrm{RS} = z I_0 \frac{1 - e^{-\frac{2l}{\lambda}}}{2}.$$

Comme en pratique on détermine commodément la quantité des rayons X par la mesure de la fraction transmise à travers des filtres d'aluminium de 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm}, j'ai adopté le premier mode de notation.

Les rayonnements X monochromatiques qui entrent dans la composition des faisceaux donnés par les tubes ont-ils tous le même rendement en RS? L'intensité des RS donnés dans une direction donnée par ces faisceaux complexes répond-elle à une formule dans laquelle chaque composante a le même coefficient de rendement z? Telle est la question qui se pose à présent.

Pour y répondre j'ai considéré une lame diffusante en aluminium, d'épaisseur l telle que le rendement en RS soit pratiquement maximum, c'est-à-dire telle que l'addition de nouvelles lames n'augmente plus d'une façon appréciable l'intensité des RS produits. On se rend compte en effet que quand on augmente indéfiniment l'épaisseur l, le terme K^{2l} de la formule (I) tend vers zéro et ΣRS tend vers la limite $\frac{1}{2}zI_0$. De sorte qu'on peut écrire, en négligeant un facteur distance que nous aurons à considérer dans l'interprétation de certains résultats :

$$\text{(II)} \qquad \Sigma\text{RS} = \frac{1}{2} z I_0,$$

pour $l = \infty$, et pratiquement pour $l = 30^{\text{mm}}$.

Cela posé, j'ai essayé, par deux procédés, de savoir si le coefficient z est le même pour tous les rayonnements simples.

A. *Étude des composantes supérieures des faisceaux* X. — Les faisceaux donnés par les tubes à vide tendent, on le sait, à prendre l'allure de monochromatiques si on les filtre par des épaisseurs croissantes d'aluminium. Le coefficient K du faisceau émergent paraît varier de 0,78 à 0,90 pour des faisceaux incidents variant du n° 5 faible au n° 8 de Benoist. J'ai dû limiter à 5^{mm} l'épaisseur du filtre d'aluminium à cause de la grande absorption subie par les faisceaux mous (90 pour 100 pour le n° 5 faible, 70 pour 100 seulement pour le n° 8).

Ce filtre donne des rayons émergents qui sont encore loin d'avoir l'allure de monochromatiques; néanmoins, c'est par eux qu'il était naturel de commencer l'étude si difficile des faisceaux complexes. Pour interpréter les résultats, on doit prendre en considération ce fait qu'il est nécessaire pour obtenir des faisceaux émergents de même intensité, de soumettre le tube à rayons X à des régimes très différents, variant de $0^{\text{mA}},5$ (pour du n° 7-8) à 5 et 6 milliampères (pour du n° 4-5). Toutes mes expériences ayant été faites avec le tube Villard à osmo qui, seul, a pu me fournir la souplesse de réglage et la constance de marche nécessaires aux travaux de laboratoire, les lectures pour les grands débits devaient être presque instantanées, et de ce fait n'offraient qu'une sécurité relative. Quoi qu'il en soit, voici quelques-uns des résultats obtenus :

Numéros du faisceau X initial.	K du faisceau X initial.	K du faisceau X filtré.	Intensité des RS correspondant à des faisceaux X d'intensité égale.
7-8	0,660	0,850	0,022
7	0,625	0,830	0,025
6 faible	0,575	0,800	0,019
5 fort	0,535	0,760	0,022
5 faible	0,500	0,740	0,013

Ces résultats montrent que, sauf pour le n° 5 faible, le rendement en RS varie assez peu quand on passe d'une qualité à l'autre. Malgré les causes d'erreur possibles dues aux difficultés expérimentales et au filtrage insuffisant, ils autorisent cependant à prévoir la possibilité du fait que le coefficient z soit commun à tous les faisceaux simples, et à étudier les faisceaux complexes en partant de cette hypothèse.

B. *Étude des faisceaux complexes.* — Des travaux antérieurs m'ont amené à regarder la courbe de transmission d'un faisceau X ordinaire comme la moyenne entre les courbes exponentielles de faisceaux simples ayant un coefficient de pénétration K déterminé. Ainsi le n° 5 de Benoist dont le coefficient K moyen à l'origine est 0,525, a une courbe de transmission qui correspond à peu près à une moyenne entre les dix exponentielles de $K = 0,24$; 0,27; 0,30; 0,37; 0,46; 0,57; 0,67; 0,75; 0,80; 0,82; comme si le spectre de ce faisceau pouvait approximativement être remplacé par dix faisceaux monochromatiques types, pris de place en place, suivant la densité spectrale dans chaque région.

Si chaque composant type possède, au point de vue du rendement en rayons S le même coefficient z, on doit forcément si l'on prend des lames diffusantes d'aluminium de 30mm rendant la formule (II) applicable, avoir, pour des intensités globales I_0 égales, des rendements en rayons secondaires ΣRS égaux.

J'ai donc étudié l'intensité des RS produite par des faisceaux X non préalablement filtrés, d'intensité égale, mais de qualité différente.

Voici les résultats obtenus :

Numéros du faisceau X incident.	K du faisceau X incident.	ΣRS [1].
7-8	0,650 à 0,675	0,128
6	0,600	0,136
5 et 4-5	0,500 à 0,550	0,123
4	0,400 à 0,425	0,084 (?)

[1] Ces fractions sont supérieures à celles du premier Tableau parce que I_0 ici était bien plus considérable par suite de l'absence de filtre.

Si l'on excepte les résultats relatifs au n° 4 pour lesquels le tube tendant à l'aspect Geissler a été plusieurs fois soumis à un courant de 6^{mA}, on voit que le rendement en RS est comparable pour les divers faisceaux.

Conclusion. — Il semble d'après ces expériences que la proportionnalité des RS produits et des doses de RX absorbées par les couches élémentaires d'aluminium s'étende à toutes les qualités de rayons X, et que le coefficient z de la formule (I) est le même pour tous les faisceaux X. On doit cependant faire une réserve pour les rayons très mous qui n'ont pu être étudiés avec assez de précision.

CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Différentiation par voie de développement chimique des images latentes obtenues au moyen des émulsions au chlorure et au bromure d'argent.* Note de MM. **A.** et **L. Lumière** et **A. Seyewetz**, présentée par M. A. Haller.

On sait que le gélatinochlorure d'argent est plus facilement réductible par les révélateurs que le gélatinobromure d'argent, mais on ne connaissait pas jusqu'ici de formules de révélateurs permettant de développer l'impression latente des émulsions au glatinochlorure d'argent sans agir d'une façon appréciable sur celles au gélatinobromure.

Nous avons reconnu la possibilité de différencier très nettement ces deux actions latentes au moyen de la *quinone sulfonate de sodium*

$$C^6H^3\begin{cases} O^{(1)} \\ O^{(4)} \\ SO^3Na \end{cases}$$

Cette substance n'a pas par elle-même de propriétés réductrices, puisque c'est, au contraire, un oxydant énergique, mais elle acquiert ces propriétés quand on additionne sa solution de sulfite de soude.

La solution aqueuse de quinone sulfonique qui a primitivement une couleur jaune, rougeâtre, vire au brun puis au rouge par addition de sulfite de soude.

Le mélange suivant :

Eau	1000^{cm^3}
Quinone sulfonate de sodium	10^g
Sulfite de soude anhydre	50^g

permet de développer en quelques minutes une image latente obtenue après exposition normale d'une émulsion au gélatinochlorure et ne fait apparaître aucune trace d'image après une demi-heure avec le gélatinobromure d'argent même fortement surexposé.

Le *gélatinochlorobromure d'argent* donne un résultat intermédiaire entre le gélatinobromure et le gélatinochlorure d'argent. Il y a en effet réduction par le révélateur, mais le noircissement qui en résulte est beaucoup plus faible qu'avec le gélatinochlorure seul.

Nous avons reconnu que ce caractère permet non seulement de différencier facilement l'une de l'autre deux émulsions au gélatinobromure et au gélatinochlorure d'argent, mais de déceler la présence du chlorure même en assez petites quantités en présence du bromure, dans une émulsion au chlorobromure. Le révélateur quinonique est sans action sur le gélatinoiodure d'argent et la présence de l'iodure ne nuit pas à la caractérisation du chlorure dans une émulsion renfermant les trois halosels d'argent.

La *quinone non sulfonée* dissoute dans le sulfite de soude ne se comporte pas du tout comme son dérivé sulfonique et développe les impressions latentes du gélatinobromure presque aussi rapidement que celles du gélatinochlorure.

L'action réductrice qu'exerce la quinone sulfonique en présence du sulfite de soude sur le gélatinochlorure ne peut être due, comme nous l'avons vu, à la fonction quinone, mais vraisemblablement à un produit de transformation de la quinone sulfonique sous l'action du sulfite de soude et de l'eau.

Nous n'avons pas encore pu identifier jusqu'ici le produit qui possède ces curieuses propriétés développatrices.

On pourrait supposer *a priori* qu'il se forme de l'*hydroquinone sulfonate de sodium*, puisque la quinone sulfonate de sodium se transforme en hydroquinone correspondante par l'action de l'acide sulfureux, mais l'hydroquinone sulfonate de sodium en solution dans le sulfite de soude seul ne développe pas les images au gélatinochlorure d'argent (1).

Nous avons recherché si d'autres substances réductrices, employées dans des conditions convenables, permettent de développer les émulsions au

(1) L'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer ce phénomène est la formation d'*oxhydroquinone-sulfonate de sodium* $C^6H^2\begin{cases}OH^{(1)}\\OH^{(2)}\\OH^{(4)}\\SO^3Na\end{cases}$ par simple fixation des

gélatinochlorure d'argent sans agir pratiquement sur les émulsions au gélatinobromure.

Nous nous sommes adressés d'abord aux polyphénols et aux polyamines doués de propriétés réductrices, mais ne renfermant pas la fonction développatrice. En utilisant ces substances dans des conditions d'alcalinité variable, aucune d'elles ne nous a permis de développer les impressions latentes du gélatinochlorure d'argent.

Nous avons expérimenté d'autre part les substances renfermant la fonction développatrice en paralysant plus ou moins leur action réductrice par addition de quantités variables de bisulfite de soude ou d'acides minéraux ou organiques, à leurs solutions dans le sulfite de soude.

Dans ces conditions, nous avons reconnu qu'aucune substance révélatrice renfermant un ou plusieurs amidogènes ne permet de différencier par développement le gélatinochlorure du gélatinobromure d'argent.

Lorsqu'on arrive à paralyser suffisamment l'action réductrice de ces substances pour empêcher le développement des impressions obtenues avec le gélatinobromure d'argent, on n'obtient plus pratiquement le développement du gélatinochlorure d'argent.

Par contre, les révélateurs dont la fonction développatrice est uniquement constituée par des groupes oxhydriles, tels que l'*hydroquinone*, l'*acide pyrogallique*, la *pyrocatéchine*, donnent des résultats qui se rapprochent d'autant plus de ceux qu'on obtient avec la quinone sulfonique, qu'ils renferment un plus grand nombre de groupes oxhydriles.

Seul l'*acide pyrogallique* en présence du sulfite et du bisulfite de soude, nous a permis de constituer un révélateur qui différencie nettement le gélatinobromure du gélatinochlorure d'argent, mais la différenciation est moins complète qu'avec la quinone sulfonique.

éléments de l'eau d'après l'équation suivante :

$$C^6H^3\begin{cases} O \\ | \\ O \\ SO^3Na \end{cases} + H^2O = C^6H^2\begin{cases} OH \\ OH \\ OH \\ SO^3Na \end{cases}$$

le sulfite de soude agirait donc seulement comme alcalin faible et faciliterait la fixation des éléments de l'eau. D'autres alcalins faibles comme l'acétate de soude ne nous ont pas donné le même résultat que le sulfite de soude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les systèmes monovariants qui admettent une phase gazeuse.* Note de MM. **G. Urbain** et **C. Scal**, présentée par M. A. Haller.

MM. Ramsay et Young [1] ont montré que le rapport $\frac{T_1}{T_2}$ des températures absolues d'ébullition de deux liquides est approximativement constant. Si A désigne une constante,

$$(1) \qquad \frac{T_1}{T_2} = A.$$

D'autre part, si l'on appelle q_{T_1} et q_{T_2} les chaleurs de vaporisation à pression constante de chacun des liquides, on a sensiblement

$$(2) \qquad \frac{q_{T_1}}{T_1} = \frac{q_{T_2}}{T_2}.$$

Cette dernière relation, connue sous le nom de *loi de Trouton*, a été étendue par M. Le Chatelier (*Comptes rendus*, t. 104, 1887, p. 356), M. Matignon (*Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 103), M. de Forcrand (*Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 879) aux systèmes chimiques monovariants qui admettent une phase gazeuse.

M. Bouzat a enfin montré (*Annales de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IV, février 1905) que les relations (1) et (2) étaient équivalentes au point de vue thermo-dynamique. Ces deux lois ont donc le même caractère de lois approchées.

Si l'on pose, en désignant par Q la chaleur de réaction à volume contants,

$$Q_{T_1} = (Q_0)_1 + F_1 T + \alpha_1 T^2 + \ldots,$$
$$Q_{T_2} = (Q_0)_2 + F_2 T + \alpha_2 T^2 + \ldots,$$

et qu'on remplace ces valeurs dans l'équation d'équilibre

$$\frac{d \operatorname{Ln} p}{dT} = \frac{Q_T}{RT^2} + \frac{1}{T},$$

qui implique que la phase gazeuse est un gaz parfait et que le volume de la phase solide (ou liquide) est négligeable vis-à-vis de la phase gazeuse, on

---

[1] *Phil. Mag.*, 5e série, t. XX, p. 515; t. XXI, p. 33, 135, et t. XXII, p. 32; *Z. ph. Ch.*, t. I, 1887, p. 249. — S. Young, *Phil. Mag.*, 5e série, t. XXXIV, 1892, p. 510.

obtient, après intégration, des expressions qui donnent $L_n p_1$ et $L_n p_2$ en fonction des coefficients thermiques et de la température.

Si l'on généralise la manière de voir de M. Bouzat, on peut poser, en désignant par ϖ_1, ϖ_2, θ_1 et θ_2 des constantes,

$$p_1 = \varpi_1 \varphi, \qquad T_1 = \theta_1 \tau,$$
$$p_2 = \varpi_2 \varphi, \qquad T_2 = \theta_2 \tau.$$

En substituant les nouvelles variables dans les valeurs de $L_n p_1$ et $L_n p_2$ et en combinant les deux équations de manière à rassembler dans un même membre les termes constants, on obtient

$$\frac{1}{R\tau}\left[\frac{(Q_0)_2}{\theta_2} - \frac{(Q_0)_1}{\theta_1}\right] + L_n \tau\left(\frac{F_1 - F_2}{R}\right) + \frac{\tau}{R}(a_1\theta_1 - a_2\theta_2) = \text{const.}$$

Cette équation devant se vérifier quel que soit τ, il en résulte

(I) $\frac{(Q_0)_2}{\theta_2} - \frac{(Q_0)_1}{\theta_1} = 0$ ou ce qui revient au même $\frac{(Q_0)_1}{T_1} = \frac{(Q_0)_2}{T_2}$,

(II) $F_1 - F_2 = 0$,

(III) $a_1\theta_1 - a_2\theta_2 = 0$ ou ce qui revient au même $a_1 T_1 = a_2 T_2$,

....

Telles sont les conditions, et il y en a autant que de coefficients thermiques à considérer, pour que la loi de Trouton soit rigoureusement applicable. M. Sv. Arrhenius a récemment émis la même opinion, à laquelle il est arrivé par une voie différente, dans la conférence qu'il a faite à la Sorbonne le 13 mars dernier.

En général, ces conditions ne seront pas satisfaites simultanément.

Si la chaleur de réaction à volume constant ne varie pas avec la température, on a, en désignant par B_1 et B_2 les constantes d'intégration,

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{B_1}{B_2}.$$

Si la chaleur de réaction à pression constante ne varie pas avec la température, la loi de Trouton exige que les constantes d'intégration soient égales

$$B_1 = B_2.$$

Ce résultat mérite d'être rapproché de l'approximation que fait M. Nernst lorsqu'il admet que les constantes d'intégration qu'il a appelées les *constantes chimiques* ont sensiblement la même valeur (*Journal de Ch. phys.*, t. VIII, 5 juin 1910). La condition (II) paraît être constamment vérifiée.

M. Nernst l'a déduite de la théorie des états correspondants et de la théorie cinétique des gaz.

En admettant que F_1 et F_2 soient peu différents, on a sensiblement

$$\log\frac{T_1}{T_2} = \frac{2R}{F_1+F_2+2R}\log\frac{B_1}{B_2} + \frac{1}{T_1}\left[1-\frac{T_1}{T_2}\frac{(Q_0)_2}{(Q_0)_1}\right]\frac{2(Q_0)_1}{F_1+F_2+2R}\log e$$
$$+ T_1\left(1-\frac{T_2 a_2}{T_1 a_1}\right)\frac{2a_1}{F_1+F_2+2R}\log e;$$

mais $\frac{T_1}{T_2}$ variant très peu, l'équation précédente peut être mise, en désignant par A, α et β trois constantes, sous la forme

$$\mathrm{Log}\frac{T_1}{T_2} = A + \frac{\alpha}{T_1} + \beta T_1.$$

L'accord entre les températures calculées par cette formule et l'observation est très satisfaisant :

Système (1) : $NH^4Br.NH^3$ (Troost)
Système (2) : $NH^4Cl.3NH^3$ (Troost)

$$\log\frac{T_1}{T_2} = -1,6043 + \frac{227,670}{T_1} + 0,00293017\,T_1.$$

T_1	270,5	275,2	282,5	292,6	294,8	298,6	300,3	303,2
$\frac{T_1}{T_2}$ Obs.	1,070	1,070	1,072	1,074	1,076	1,079	1,081	1,084
$\frac{T_1}{T_2}$ Calc.	1,071	1,070	1,070	1,074	1,076	1,079	1,081	1,084

Système (1) : $ZnCl^2.4NH^3$ (Isambert)
Système (2) : $NH^4Cl.3NH^3$ (Troost)

$$\log\frac{T_1}{T_2} = -0,91904 + \frac{181,379}{T_1} + 0,0015187\,T_1.$$

T_1	341,5	347,5	352,6	356,9	360,7	364,2	370,2	375,3	379,3	382,6
$\frac{T_1}{T_2}$ Obs.	1,351	1,352	1,353	1,354	1,355	1,356	1,358	1,362	1,365	1,368
$\frac{T_1}{T_2}$ Calc.	1,351	1,351	1,352	1,353	1,354	1,355	1,359	1,362	1,365	1,368

Système (1) : $CaCl^2.4NH^3$ (Isambert)
Système (2) : $NH^4Cl.3NH^3$ (Troost)

$$\log\frac{T_1}{T_2} = -2,87944 + \frac{462,979}{T_1} + 0,0046890\,T_1.$$

T_1	298,5	303,3	307,1	310,2	313,2	315,8	318,4	320,9	323,1	325,4
$\frac{T_1}{T_2}$ Obs.	1,180	1,179	1,178	1,177	1,177	1,176	1,177	1,177	1,179	1,182
$\frac{T_1}{T_2}$ Calc.	1,186	1,182	1,178	1,177	1,176	1,176	1,177	1,177	1,179	1,181

Système (1) : $MgCl^2.6NH^3$ (Isambert)
Système (2) : $NH^4Cl.3NH^3$ (Troost)

$$\log\frac{T_1}{T_2} = -2,27799 + \frac{513,071}{T_1} + 0,0029646\,T_1.$$

T_1	399,0	403,5	411,3	417,8	425,5	428,2	432,5	434,3
$\frac{T_1}{T_2}$ Obs.	1,551	1,548	1,545	1,544	1,546	1,548	1,551	1,553
$\frac{T_1}{T_2}$ Calc.	1,551	1,548	1,545	1,544	1,546	1,548	1,551	1,552

Système (1) : $NH^4Cl.3NH^3$ (Troost)
Système (2) : H^2O (vaporisat.) (Regnault)

$$\log\frac{T_1}{T_2} = 0,83318 - \frac{117,674}{T_1} - 0,002008\,T_1.$$

T_1	252,8	263,6	268,5	272,5	276,7	277,8	279,6	280,3
$\frac{T_1}{T_2}$ Obs.	0,7246	0,7192	0,7170	0,7152	0,7122	0,7109	0,7077	0,7060
$\frac{T_1}{T_2}$ Calc.	0,7246	0,7202	0,7174	0,7148	0,7117	0,7109	0,7094	0,7088

Les calculs précédents ont été effectués à l'aide des nombres qui figurent dans le Mémoire de M. Bouzat.

En définitive, il résulte de ce qui précède que trois mesures suffisent pour connaître la pression d'un système monovariant admettant une phase gazeuse, à une température quelconque.

BOTANIQUE. — *Sur le genre* Planchonella, *ses affinités et sa répartition géographique*. Note de M. **Marcel Dubard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai montré quels sont les caractères fournis par la disposition de l'ovule et par la structure de la graine qui dominent la classification des Sidéroxylées et j'ai défini, au moyen de ceux-ci, quelques genres principaux servant en quelque sorte de pivots dans l'étude de ce groupe.

L'un des plus importants est sans aucun doute le genre *Planchonella;* ce sont ses caractères, ses subdivisions, ses affinités et sa répartition géographique que nous nous proposons de préciser aujourd'hui.

Les *Planchonella* sont définis : 1° par l'anatropie faible ou nulle de l'ovule, qui donne naissance à une graine pourvue d'une cicatrice latérale allongée, joignant le hile et le micropyle placés à peu près aux deux pôles opposés ; 2° par un embryon à caudicule saillante, cotylédons généralement foliacés, entourés le plus souvent d'un albumen abondant.

Les feuilles portent le plus souvent des costules espacées, assez saillantes, reliées entre elles par des nervures plus fines, en partie transversales par rapport à elles, descendant en partie vers la nervure médiane.

Les fleurs sont pentamères dans toutes leurs parties. Le tube de la corolle est généralement plus court que les lobes et porte à sa gorge des staminodes alternipétales, étroits, oblongs, parfois filiformes, parfois écailleux et très réduits, et des étamines

---

([1]) Marcel Dubard, *Remarques sur la classification des Sidéroxylées* (*Comptes rendus*, 13 février 1911).

extrorses, épipétales. Plus rarement, le tube corollaire se développe davantage et, dans ce cas, le verticille staminal s'insère notablement au-dessous des staminodes, quelquefois vers le milieu du tube.

L'ovaire est à cinq loges, dans chacune desquelles l'ovule s'insère vers le sommet de l'axe; il est muni d'un disque en coussin ou en cupule, portant généralement de longs poils hispides, libre ou adné, plus ou moins facile à distinguer. Le fruit est une baie à péricarpe mince.

Le groupe d'espèces le plus important (section *Burckiiplanchonella*) comprend des formes à feuilles plutôt coriaces, chez lesquelles les costules sont assez accentuées, avec une nervation intermédiaire transverso-descendante, d'un relief bien accusé. Le tube de la corolle y est court et les différentes pièces de l'androcée sont insérées à sa gorge; le disque est cupuliforme, bien apparent, très velu; le style est court; la graine possède un albumen abondant. Cette section est représentée en Nouvelle-Calédonie et sur la côte orientale de l'Australie par des espèces variées; vers le Nord, elle s'étend sur la Nouvelle-Guinée, les Moluques, les Célèbes, Bornéo, les Indes néerlandaises et, par la presqu'île de Malacca, s'avance jusqu'au Siam et en Indo-Chine, mais avec une uniformité plus grande, car la plupart des formes décrites dans ces régions peuvent se ramener à une espèce linnéenne très polymorphe que je nomme *Pl. polymorpha*.

Au voisinage immédiat de cette section se place une forme néo-calédonienne (section *Egassia*), qui se distingue par des ovules semi-anatropes, insérés vers le milieu des loges; la cicatrice de la graine est par suite beaucoup plus courte et n'atteint guère que la moitié de la hauteur de celle-ci; c'est une transition vers les *Sideroxylon*, où la cicatrice est complètement basilaire. Dans ce type, le tube de la corolle est aussi beaucoup plus développé et porte les étamines vers son milieu, disposition qui s'accuse dans la section *Hormogyne*.

La section *Hillebrandiplanchonella* (Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande, îles Sandwich) se distingue de la première surtout par la nervation de la feuille; les costules y sont très rapprochées, assez saillantes et les nervures intermédiaires sont descendantes comme chez les *Payena*. Ce caractère rappelle le genre américain *Micropholis*, qui est extrêmement voisin des *Planchonella* et forme le trait d'union naturel entre ce dernier genre et les autres Sidéroxylées américaines.

C'est encore en Nouvelle-Calédonie que se rencontre toute une série de formes voisines des *Burckiiplanchonella*, mais avec des feuilles rapprochées vers l'extrémité des rameaux, coriaces, à nervation très peu saillante, des fleurs très petites, longuement pédicellées, isolées ou par petits groupes à l'aisselle des feuilles (section *Myrsiniluma*).

Les *Hookeriplanchonella* forment une section d'importance à peu près égale à la première, mais dont le centre de développement est plus septen-

trional et s'étend depuis les Indes orientales jusqu'aux Philippines, à travers l'Indo-Chine. Les représentants de ce groupe se raréfient au contraire vers le Sud, en acquérant des caractères aberrants qui les font converger vers les *Hormogyne*.

Dans ce groupe la nervation de la feuille est moins accentuée que dans la première section, mais n'en diffère pas essentiellement; le tube de la corolle est à peu près de la longueur des lobes et porte à sa gorge tous les éléments de l'androcée. Le style est très long, exsert, le disque non apparent.

Dans la section *Hormogyne* (Australie occidentale) le développement du tube de la corolle et la brièveté relative des lobes s'exagèrent; les étamines s'insèrent notablement plus bas que les staminodes, parfois même vers le milieu du tube. Chez *H. cotinifolia*, l'ovaire est entouré d'un disque élevé, cupulaire, libre, d'aspect très particulier; chez les autres espèces cet organe paraît adné.

Les *Poissonnella* se rangent à côté des *Hormogyne;* c'est un groupe calédonien à feuilles très étroites, coriaces, de nervation peu distincte; les fleurs, de grosse taille, sont isolées à l'aisselle des feuilles. La disposition du tube de la corolle et des étamines rappelle la section précédente.

Dans toute une série de formes, les costules très saillantes, d'un parallélisme frappant, sont reliées par des nervures exclusivement transversales, le tube de la corolle est plutôt court et porte des staminodes très réduits; le style est court et le disque de même aspect que chez les *Burckiiplanchonella*. L'albumen est réduit à une mince couche et la cicatrice de la graine, le plus souvent oblongue, peut devenir très large, à la façon des *Lucuma*.

C'est la section *Pierriplanchonella* dont le centre de développement correspond à la Nouvelle-Calédonie et envoie des ramifications par la Nouvelle-Guinée, les Moluques, Bornéo, jusqu'à Malacca et en Indo-Chine.

Ces formes nous conduisent aux *Boerlagella*, section assez mal connue qu'on pourrait peut-être rattacher à la précédente et que caractérise surtout le manque total d'albumen (Java, Sumatra, Célèbes.)

En résumé : 1° Le genre *Planchonella* forme un ensemble très important, dont l'unité est manifeste, malgré des variations assez larges dans les caractères, bien distinct des *Sideroxylon*, avec lesquels on l'a confondu à tort;

2° Les formes qui le constituent peuvent, d'après nos connaissances actuelles, se ramener à 9 sections, présentant souvent des transitions ménagées;

3° Le genre se rattache au groupe des Sidéroxylées américaines par ses sections *Pierriplanchonella* et *Boerlagella* et par l'intermédiaire du genre américain *Micropholis*, aux *Sideroxylon* par sa section *Egassia;*

4° Il est représenté depuis les Indes orientales jusqu'en Nouvelle-Zélande et c'est dans la région australo-néo-calédonienne qu'on observe la plus grande variété parmi ses représentants.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le pouvoir électif des cellules végétales vis-à-vis du dextrose et du lévulose*. Note de M. **L. Lindet**, présentée par M. Schlœsing père.

J'ai montré, dans une étude précédente (*Ann. agr.*, 1900, p. 103) que les cellules des limbes et des pétioles de betteraves, en contact incessant avec les deux sucres qui constituent le sucre inverti, absorbent de préférence le dextrose quand la plante se trouve dans des conditions où elle respire largement, et le lévulose au contraire quand elle semble appelée à former des tissus cellulosiques. C'est à des conclusions semblables que j'ai été amené en étudiant, au même point de vue, les cellules de levure, les embryons en germination et les champignons aérobies.

I. Quand on nourrit avec un même sucre (lévulose ou dextrose ou sucre inverti), des levures élevées simultanément soit sur dextrose, soit sur lévulose, on constate que la levure de dextrose possède à la fois une énergie zymasique et une énergie reproductrice supérieures à celles que présente la levure de lévulose, c'est-à-dire fait disparaître, dans le même temps, plus de sucre, et, dans le même temps, se reproduit davantage.

Mais si, au lieu de nourrir avec un même sucre des levures d'origine différente, on ensemence, d'une même quantité de levure, des bouillons, sucrés d'une part avec du dextrose, d'autre part avec le même poids de lévulose, on constate que la consommation des deux sucres est, au bout du même temps, sensiblement égale (rapport moyen 1,03), et qu'en outre, le poids de levure formée est légèrement supérieur avec la solution de lévulose (dans le rapport moyen de 1,2 à 1,0). Or il est évident que, dans les deux cas, la levure consomme pour se reproduire une quantité de sucre proportionnelle à son poids, et si, dans le cas du lévulose, il y a plus de sucre consacré à la reproduction, c'est que, dans le cas du dextrose, il y a plus de sucre consacré à la respiration de la levure, et à la transformation en alcool et acide carbonique; la levure dédouble et brûle donc plus aisément le dextrose que le lévulose; nous avons montré ci-dessus en effet que la levure prend au contact du dextrose une énergie zymasique plus grande.

Mais nous avons signalé également la supériorité qu'elle acquiert au

contact du dextrose au point de vue de sa reproduction. Or nous constatons, dans cette seconde série d'expériences, qu'au contraire le dextrose fournit, dans le même temps, moins de levure que le lévulose. Cette seconde série d'expériences est d'ailleurs contrôlée par une troisième, qui a consisté à faire végéter comparativement la levure soit sur les deux sucres séparés ou mélangés en parties inégales : le poids de levure formée a été d'autant plus faible que la teneur du mélange en dextrose était plus petite.

Pour expliquer cette contradiction apparente, j'ai reconnu par des expériences et des calculs qui prendront place dans le Mémoire [1] que chez la levure de dextrose, la prédominance de la fonction zymasique sur la fonction reproductrice est telle qu'elle ne laisse pas à la levure le temps de se reproduire ; elle dédouble le sucre mis à sa disposition si vite qu'il ne lui en reste pas assez pour élaborer autant de cellules qu'elle serait susceptible de le faire ; la prédominance de l'une des fonctions sur l'autre existe, mais à un moindre degré, pour la levure végétant sur lévulose, et celle-ci a le temps de se reproduire davantage.

Si, dans la deuxième série d'expériences, les deux fermentations sont parallèles, c'est qu'il se forme un équilibre ; la fermentation dextrose se ralentit, du fait que la levure prolifère peu, alors que la fermentation lévulose est activée par la surproduction relative de levure.

Nous conclurons que la levure qui peut végéter sur l'un et l'autre sucre, reproduit plus volontiers sur lévulose, dédouble et brûle plus volontiers le dextrose. C'est à ce double phénomène qu'il convient de rattacher les expériences de Dubrunfaut, de M. Bourquelot, de MM. Gayon et Dubourg, qui ont opéré, non plus sur des sucres isolés, mais sur le sucre inverti ; là, le pouvoir électif vis-à-vis du dextrose est très marqué, parce que la levure se trouve en face des deux sucres qui correspondent à ses deux fonctions.

II. L'étude végétative des embryons d'orge et de haricot sur des lits de coton, imbibés de liquide Raulin, confirme ces premiers résultats. Si le liquide est sucré au sucre inverti, on reconnaît, par l'analyse du sucre restant, que les germes ont fait disparaître plus de dextrose que de lévulose, dans le rapport moyen de 1,7 à 1,0 ; — et s'il est sucré au lévulose d'une part, et au dextrose d'autre part, on constate que, pour le même poids de sucre disparu, le poids de tigelles et de radicelles développées pour le premier cas est plus considérable que pour le second, dans le rapport moyen de 2,0 à 1,0. — Les cellules de germes consomment donc plus de dextrose, mais en profitent

(1) *Ann. de l'Inst. nat. agronomique*, 1911.

moins, puisqu'elles donnent à son contact une plus faible quantité de tissus cellulosiques; elles l'utilisent à leur respiration.

III. Les résultats obtenus avec les champignons aérobies (*Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum*, *leuconostocs*) conduisent aux mêmes conclusions. Cultivés sur liquide Raulin, sucré au sucre inverti, ils consomment au début les deux sucres en quantités sensiblement égales; puis, au fur et à mesure que le champignon couvre la surface, et que la fonction aérobie devient prédominante, le dextrose disparaît plus rapidement, dans un rapport qui atteint jusqu'à 2,5 pour 1,0. — D'autre part, cultivés séparément sur dextrose et sur lévulose, ils donnent, pour le même poids de sucre disparu, une récolte de champignons plus grande sur lévulose que sur dextrose, dans le rapport moyen de 1,6 à 1,0. — Si l'on mélange les deux sucres en quantités inégales, la récolte est d'autant plus forte que la teneur du mélange en lévulose est plus élevée. — La température et l'aération n'influent pas sur le phénomène; les deux fonctions se font parallèlement, mais avec des vitesses inégales. — On peut donc conclure encore que la fonction reproductrice du champignon choisit de préférence le lévulose, et la fonction respiratoire, le dextrose.

IV. Ces nouveaux faits confirment les résultats que j'ai obtenus avec les feuilles de betteraves; des deux sucres constituant le sucre inverti, l'un, le lévulose, semble présider plus spécialement à la formation des tissus; l'autre, le dextrose, plus décomposable est plus facilement dédoublé par la fermentation ou brûlé par la respiration.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Conservation des matières salines chez une plante annuelle; répartition de la matière sèche, des cendres totales et de l'azote.* Note (¹) de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai montré récemment (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1378), en prenant l'œillette comme exemple de plante annuelle à croissance rapide, que ce végétal conservait jusqu'au terme de son existence la totalité des matières salines qu'il avait accumulées pendant la durée de son évolution. L'expérience que j'ai décrite ne prouve pas qu'il ne puisse y avoir, chez certaines plantes parvenues au terme de leur végétation, un retour vers le sol de quelques-unes des substances solubles que ces plantes avaient emmagasinées

(¹) Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

jusqu'à leur floraison. On pourrait même admettre, dans le cas actuel, que ce retour se serait produit d'une façon partielle, mais qu'il aurait été compensé, entre la floraison et la maturité complète, par une absorption de matières fixes; quoi qu'il en soit, il reste à compléter les données que j'ai fournies dans ma dernière Note et qui se rapportaient seulement à la plante totale. Je présenterai aujourd'hui les variations successives des poids de la matière sèche, des cendres totales et de l'azote aux diverses périodes de l'évolution du végétal. Les chiffres du Tableau ci-dessous se rapportent à 100 plantes séchées à 110°: I, échantillon pris le 13 juin 1910; II, le 28 juin, formation des boutons floraux; III, le 13 juillet, floraison; IV, le 9 août, fruits presque mûrs; V, le 23 août, maturité complète.

	Poids de la matière sèche.	Cendres totales.	Azote dans 100 organes secs.	Azote dans 100 p. de matière sèche.	Poids de la matière sèche.	Cendres totales.	Azote dans 100 organes secs.	Azote dans 100 p. de matière sèche.
	Racines.				*Feuilles.*			
I...	32,85 g	5,8210 g	1,0019 g	3,05	287,55 g	66,7524 g	14,9394 g	5,19
II..	193,12	22,0359	3,3796	1,75	791,25	169,7263	29,6718	3,75
III.	416,00	40,2688	4,7424	1,14	1134,84	301,3000	36,6553	3,23
IV.	545,16	40,1782	3,7070	0,68	1367,28	436,4357	31,9943	2,34
V..	655,40	51,7110	5,6366	0,86	1269,85	413,0822	28,5716	2,25
	Tiges.				*Fruits.*			
I...	57,85	14,1096	1,6892	2,92	»	»	»	»
II..	698,43	90,6562	12,5717	1,80	»	»	»	»
III.	1787,20	173,3584	20,7315	1,16	343,88	29,1954	11,4512	3,33
IV.	2385,20	170,3032	21,2282	0,89	1922,84	153,6349	61,3385	3,19
V..	2947,30	229,8894	26,5257	0,90	2180,80	193,0008	65,8601	3,02

De ce Tableau nous tirerons les conclusions suivantes :

I. *Le poids absolu de la matière sèche* de tous les organes va sans cesse en croissant; seul, celui des feuilles présente une légère diminution à la dernière prise d'échantillon, ce que l'on peut mettre sur le compte, soit d'une perte respiratoire, soit de la chute de quelques-uns de ces organes. Toutefois, j'incline à croire que, dans le cas présent, la diminution de la matière sèche est due en grande partie à une perte respiratoire, puisque le taux pour cent des cendres s'est élevé de 31,92 (4^e prise) à 32,53 (5^e prise). Si ce taux, au lieu de s'accroître, avait diminué, on pourrait supposer que la perte de ma-

tière sèche aurait été accompagnée d'une perte de substance fixe imputable au lavage des feuilles par l'eau de pluie. Or ceci n'a pas eu lieu.

Le poids absolu des cendres totales augmente régulièrement, comme celui de la matière sèche, dans tous les organes, sauf dans les feuilles, où il présente une faible diminution à la dernière prise d'échantillon, soit environ 5 pour 100. A l'époque précise où cette perte s'est produite, on peut admettre que les feuilles ont encore abandonné aux fruits une certaine quantité de matière fixe qu'elles avaient jusque-là accumulée dans de grandes proportions, notamment entre le 13 juillet et le 9 août, c'est-à-dire pendant la période la plus active de la fructification.

II. Si l'on suit le mouvement de *l'azote total* dans les racines, on remarque que le poids absolu de cet élément augmente d'abord jusqu'au 13 juillet, puis diminue entre le 13 juillet et le 9 août, l'azote étant appelé vers les tiges et les organes floraux. Le 23 août, cet azote a subi une nouvelle augmentation et présente alors le poids maximum; ceci prouve que la plante a continué à absorber dans le sol certains composés azotés et les a accumulés à une époque où la fructification était presque terminée.

Le poids *relatif* de l'azote, c'est-à-dire le poids rapporté à 100 parties de matière sèche, va sans cesse en diminuant; il se relève au 23 août en raison même de cette nouvelle ascension de l'azote du sol dans la plante.

Dans *les tiges*, l'azote croît en proportion absolue depuis le début jusqu'à la fin de la végétation. Ces organes sont, assez généralement, le réservoir où s'accumulent l'azote d'abord, sous forme de nitrates, ainsi que la plupart des matières salines dont la majeure partie passe dans les feuilles pour y être élaborée, mais dont le surplus demeure dans la tige. Cependant le poids *relatif* de cet azote va sans cesse en diminuant : l'augmentation des principes hydrocarbonés étant plus rapide que celle des principes albuminoïdes.

La tige renferme fréquemment, comme l'on sait, des quantités considérables de nitrates dont l'utilité paraît contestable. Je rappellerai que MM. Berthelot et G. André [1] ont observé une accumulation énorme de nitrate de potassium dans la tige de la bourrache et dans celle de diverses amarantes. Le maximum relatif et absolu du poids de ce nitrate se rencontre toujours dans la tige au moment de la floraison; souvent même, ce maximum persiste encore à la fin de la végétation. Le rapport centésimal du

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. VIII, 1886, p. 5.

potassium du nitrate au potasium de la plante totale est maximum au moment de la floraison.

Dans les *feuilles* de l'œillette, le poids *absolu* de l'azote augmente jusqu'au 13 juillet (floraison), puis diminue jusqu'à la fin de la végétation. La migration de cet élément coïncide précisément avec le début de la fructification. Le poids *relatif* de l'azote des feuilles diminue d'une façon régulière, comme il arrive chez les tiges et pour une raison analogue.

Dans les *fruits*, le poids absolu de l'azote, ainsi qu'il fallait s'y attendre, augmente très rapidement, tant que dure la maturation (13 juillet au 9 août). Cette augmentation est peu sensible dans la suite. Elle répond vraisemblablement à la quantité d'azote nécessaire à la maturation de quelques fruits plus tardifs. Le poids *relatif* de l'azote varie peu depuis le début de la fructification jusqu'à la fin.

Les phénomènes de migration que présente l'acide phosphorique sont plus réguliers que ceux que présente l'azote ; quant aux variations de la potasse, elles sont très sensiblement parallèles à celles de cette dernière substance.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le mode d'action des soufres utilisés pour combattre l'oïdium.* Note de M. **Marcille**, présentée par M. L. Maquenne.

La manière dont le soufre agit comme anticryptogamique n'a jamais été bien élucidée ; on en a donné comme raisons sa volatilité relative, sa transformation possible en acides sulfhydrique ou sulfureux, même en oxydes de soufre particuliers, mais les expériences entreprises pour confirmer ces hypothèses sont peu nombreuses et non exemptes de critiques.

Nous avons repris l'étude de cette question à Tunis, en cherchant à déterminer en même temps les différences d'action des diverses qualités commerciales du soufre.

Volatilisation. — Du soufre, mis en couche mince dans des boîtes de Petri, fut laissé pendant tout l'été sur une terrasse ensoleillée, le thermomètre à maxima placé dans le voisinage ayant accusé 67°.

Le soufre insoluble (fleur de soufre épuisée par le sulfure de carbone) a subi une perte de 4,75 pour 100, dont 3 pour 100 de sublimés sur le couvercle. Le soufre *sublimé pur* (27 pour 100 d'insoluble) n'a perdu dans les mêmes conditions que 0,46 pour 100 et le soufre trituré seulement 0,12.

La volatilisation spontanée du soufre est donc de très faible importance.

Oxydation. — Pour admettre la formation de gaz sulfureux par oxydation du soufre à la température ordinaire on s'en rapporte surtout aux expériences de E. Mach, citées par Viala (*Les Maladies de la vigne*, 1893, p. 42). Cet auteur aurait trouvé, dans l'air des vignobles récemment soufrés, de l'anhydride sulfureux en quantités proportionnelles à la température ambiante.

Nous n'avons pas eu l'occasion d'observer de semblables faits sur place, mais nous avons répété les expériences de laboratoire qu'il mentionne et qui consistent à recueillir dans une solution d'iode un courant d'air ayant passé sur du soufre à différentes températures.

A l'inverse de l'auteur, nous n'avons pu constater ainsi la formation d'une quantité appréciable d'acide sulfurique, en 7 à 8 heures et à une température variant de 50° à 95°; au soleil, en été, mêmes résultats négatifs ([1]). Il paraît dès lors bien difficile d'admettre que des quantités de gaz si faibles qu'elles échappent à ce mode de recherche, gaz qui d'ailleurs sont dilués par la masse d'air environnante et sans cesse emportés par les vents, soient capables d'exercer une action fongicide quelconque.

Si une combinaison chimique était réalisable dans ces circonstances, ce serait vraisemblablement l'acide sulfurique qui se formerait de préférence; cependant nous n'avons pu constater une augmentation certaine de la proportion d'acide sulfurique préexistant dans les soufres étudiés.

Le professeur E. Pollacci, de Pavie, qui a étudié la question de l'oxydation spontanée du soufre et des sulfures, n'a trouvé comme produit de cette oxydation que de l'acide sulfurique ([2]).

D'après lui, les conditions favorisantes de cette réaction sont l'humidité, le renouvellement de l'air et l'action de la lumière, le principe actif de l'oxydation étant exclusivement l'ozone.

Le fait est exact, mais ce mode d'oxydation est encore extraordinairement faible, en sorte que son efficacité est au moins contestable. En trois mois d'été, au soleil, 100^g de soufre insoluble nous ont donné seulement 0,22 pour 100 d'anhydride sulfurique; le soufre sublimé pur du commerce n'en a fourni que 0,02 pour 100 et le trituré n'a subi aucun changement. L'influence de la lumière est ici des plus manifestes, car on n'a pu constater

---

([1]) Nous rappellerons cependant que M. Moissan a reconnu la formation de gaz sulfureux dans l'oxydation spontanée des différentes sortes de soufre dès la température ordinaire (*Bull. Soc. chim.*, 3^e série, t. XXXI, p. 723). L. MAQUENNE.

([2]) *Atti del Congresso intern. di Chim. appl.*, t. I, p. 482.

la moindre oxydation du soufre dans des flacons entourés de papier noir.

L'oxydation du soufre est-elle plus active sur les feuilles de la vigne? Est-elle influencée par l'oxygène provenant de la fonction chlorophyllienne? Rien jusqu'à présent ne permet de le supposer. Dès lors, si aucun de ces modes d'action ne peut être pratiquement retenu, comment les soufres agissent-ils?

Mode d'action des soufres. — A notre avis, le soufre agit sur l'oïdium uniquement par l'acide sulfurique qu'il contient tout formé, surtout lorsqu'il est à l'état insoluble dans le sulfure de carbone. Les soufres *sublimés purs* que nous avons eus entre les mains renfermaient de 0,2 à 0,625 pour 100 d'anhydride sulfurique.

Cette hypothèse a l'avantage de rendre compte des expériences de Marès et de la plupart des observations recueillies par la pratique : le soufre détruisant l'oïdium *in situ* et laissant intacts les fragments de mycélium et les spores éloignés de tout grain de soufre; produisant l'échaudage et le grillage des grains ou des jeunes feuilles par les vents chauds et secs qui concentrent les solutions sulfuriques, sans danger quand l'état hygrométrique est élevé ou que l'on se trouve sous l'action des courants d'air marins.

On pourrait même tirer de là une explication des résultats obtenus par Mach, l'acide sulfureux pouvant se produire dans l'action réductrice des matières organiques sur l'acide sulfurique.

Le soufre se trouverait donc être un porteur d'acide sulfurique, qui en temps ordinaire n'exerce aucune influence préjudiciable sur les tissus de la vigne, mais intervient dès que par condensation de l'humidité les conditions de développement de l'oïdium se trouvent favorisées; les gouttelettes qui se forment dissolvent l'acide, imprègnent les spores et le mycélium du champignon et finalement les détruisent quand par évaporation la solution acide vient à se concentrer.

La même hypothèse rend compte également de l'action particulièrement efficace des *soufres sublimés extra*, qui renferment des doses notables d'acide sulfurique, alors que les sublimés ordinaires et les triturés n'en contiennent que des quantités presque négligeables, de 0,01 à 0,02 pour 100.

S'il en est ainsi et si par la suite il se trouve définitivement établi que, comme nous le supposons, l'efficacité des soufres tient à la petite quantité d'acide sulfurique qu'ils renferment, il est bien inutile d'employer pour porter ce produit une substance d'aussi notable valeur que le soufre, et le choix d'une autre matière appropriée permettra peut-être aux viticulteurs

de réaliser une économie appréciable dans le coût de leurs traitements anticryptogamiques.

En tout cas, si l'usage du soufre se maintenait, on pourrait chercher à préparer industriellement des sublimés plus riches en acide sulfurique que ceux que fournit le commerce actuel, en introduisant par exemple du gaz sulfureux humide dans les chambres de condensation.

Il y a là toute une série d'essais à tenter qui nous semblent devoir présenter un grand intérêt pour la viticulture.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence, sur le développement de la plante, des substances minérales qui s'accumulent dans ses organes comme résidus d'assimilation. Absorption des matières organiques colloïdales par les racines.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. E. Roux.

L'exosmose, par les racines, des éléments minéraux non utilisés, l'exhalation, par les feuilles, d'eau chargée de sels, apparaissent comme des moyens de défense de la plante contre l'accumulation des substances non assimilables.

Il est vraisemblable que la soude, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique absorbés en excès à l'état de nitrates, de sels ammoniacaux ou potassiques, nuisent à l'évolution de la plante.

Pour vérifier ce fait, j'ai cultivé des pieds de maïs dans la solution S. P. (*voir* ma Note du 20 février 1910, *Comptes rendus*) en faisant varier la nature de l'aliment azoté, la dose d'azote restant constante.

J'ai résumé dans le Tableau I les résultats fournis par quatre maïs (variété *jaune gros*), choisis parmi les plus beaux de leurs séries respectives, développés jusqu'à la maturité des graines et nourris respectivement avec les quatre composés azotés indiqués :

Tableau I.

	Poids sec de la plante entière.	Nombre d'épis femelles fleuris.	Nombre d'épis femelles avortés après floraison.	Nombre d'épis fertiles.	Nombre de graines normales.
Nitrate de sodium.....	48g,50	2	2	0	0
Sulfate d'ammonium...	50,34	5	5	0	0
Nitrate d'ammonium..	69,92	2	1	1	160
Chlorure d'ammonium.	70,00	2	1	1	170

On voit que la soude et l'acide sulfurique ont exercé une influence conforme aux prévisions; mais l'acide chlorhydrique s'est comporté d'une manière toute différente pour une raison qui reste à découvrir; il faut noter cependant que la différence de solubilité du sulfate et du chlorure de calcium ne doit pas être étrangère à cette anomalie.

Dans la grande culture les résultats de semblables traitements passent inaperçus, le plus souvent, parce que les éléments constitutifs du sol neutralisent les acides et les bases excrétés. Les produits de l'exosmose radiculaire deviennent alors, suivant la nature du sol, par l'action dissolvante qu'ils exercent, des auxiliaires actifs de l'absorption des composés minéraux insolubles.

Il est clair, d'autre part, que cette action intéresse également les matières organiques.

On peut démontrer l'une et l'autre déduction par la méthode des cultures en milieux aseptiques. Mais il est nécessaire d'établir, en même temps, que les racines absorbent les matières organiques colloïdales.

Des plants de maïs développés dans la solution S. P. où l'aliment azoté était du sulfate ou du chlorure d'ammonium, sont privés de leur solution nutritive lorsque leur poids sec atteint environ 12g et leurs racines lavées sur place, à plusieurs reprises, à l'eau distillée stérile. On introduit alors, dans les flacons dont la capacité est d'environ 4l, des solutions composées de la façon suivante :

I. *Plantes développées en présence de chlorure d'ammonium.*

1.	Empois d'amidon à l'eau distillée	4g,492	par litre
2.	Peptone Chappoteaux à l'eau distillée	3,842	»
3.	Peptone » »	3,829	»
	Nitrate d'ammonium »	0,500	»

II. *Plantes développées en présence de sulfate d'ammonium.*

4.	Humus dissous dans l'ammoniaque (réaction neutre)	0g,866	par litre
	Nitrate de sodium	0,500	»
5.	Humate d'ammonium (réaction neutre)	0,682	»
	Phosphate de potassium	0,500	»
6.	Eau distillée (témoin *a*, chlorure d'ammonium)		
7.	» (témoin *b*, sulfate d'ammonium)		

L'humus a été extrait d'un fumier de couche épuisé, en le soumettant à des précipitations et redissolutions répétées dans de l'eau distillée additionnée d'acide chlorhydrique ou d'ammoniaque.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau II :

TABLEAU II.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
Volume initial du liquide en cm³..	4160	3657	4171	4042	4021	»	»
Volume final....................	204	881	212	421	507	»	»
Extrait à 100° du volume final, p. l. g.	43,882	12,484	52,966	4,732	4,096	»	»
Matières organiques absorbées, en g.	7,6945	2,9265	6,488	2,0355	1,626	»	»
Réaction du liquide final en SO^4H^2, g.	neutre	0,588	0,980	0,980	neutre	neutre	neutre
Aspect du liquide................	empois	limpide	louche	précipité	limpide	»	»
Poids sec des plantes (en grammes).	41,340	33,01	48,410	»	30,760	28,80	26,95
Poids des tiges..................	21,185	18,310	15,990	»	15,500	11,00	12,8
Poids des feuilles................	6,165	9,130	12,710	»	5,360	7,45	7,3
Poids des racines................	13,990	5,570	20,210	»	9,900	10,35	6,85

L'absorption des matières organiques colloïdales de même que leur assimilation ressortent nettement de l'examen de ces chiffres. L'influence des produits d'excrétion se traduit surtout dans les solutions des n^os 4 et 5 ; la première s'acidifie ; l'acide humique précipite ; la seconde conserve sa neutralité grâce à la mise en liberté de la soude et reste limpide.

L'amidon ne présente pas la moindre trace de liquéfaction ni de saccharification ; l'empois ne renferme pas d'amylase. Des recherches faites dans le but de découvrir la sucrase dans des solutions de saccharose offertes à des plantes bien développées ont donné également des résultats négatifs. Les racines n'excrètent donc pas d'amylase ni de sucrase contrairement à ce que j'ai affirmé il y a quelques années [1]. La saccharification de l'amidon et l'inversion du saccharose s'opèrent à la longue sous l'influence de l'acidification progressive des solutions nutritives.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques propriétés caractéristiques de l'amylose et de l'amylopectine*. Note de M^me **Z. Gruzewska**, présentée par M. L. Maquenne.

Il y a quelque temps, j'ai donné une méthode [2] au moyen de laquelle on peut séparer l'amylopectine de l'amylose et préparer ainsi, en même

(1) J. Laurent, *Thèse* présentée à la Faculté des Sciences de Paris, 1903. — P. Mazé et A. Perrier, *Annales de l'I. P.*, t. XVIII, 1904, p. 721.

(2) Z.-G. Gruzewska, *Sur la composition du grain d'amidon* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908).

temps, les deux constituants du grain d'amidon. Ce travail vient à l'appui des travaux et de l'hypothèse que MM. Maquenne et Roux (¹) ont émise sur la constitution de l'amidon.

L'opération se fait à froid sur la fécule de pomme de terre crue.

1° *a*. Immédiatement après la séparation, l'amylose, vue au microscope avec une goutte de solution iodo-iodurée, présente un fin précipité coloré en bleu. Avec une goutte d'alcool, ce précipité prend la forme caractéristique de baguettes et de boules.

b. L'amylopectine qui correspond à la partie extérieure du grain, vue au microscope dans les mêmes conditions, se présente sous forme de sacs éventrés, plus ou moins épais et colorés par l'iode en bleu violacé.

2° *a*. L'amylose desséchée ne se dissout dans l'eau froide que très peu. Elle se dissout complètement en donnant des solutions opalescentes par chauffage pendant 1 heure à l'autoclave à 150°. Par refroidissement, avec le temps, elle précipite de ses solutions sous forme d'un précipité blanc.

C'est le phénomène de la rétrogradation étudié par MM. Maquenne et Roux. Purifiée par dialyse à 50° C. dans des sacs de collodion stérilisés et desséchée, l'amylose ne se dissout pas du tout dans l'eau à froid.

b. L'amylopectine desséchée ne se dissout pas dans l'eau à froid ; à chaud, elle forme un empois et à 130°, à l'autoclave, elle se dissout en une solution opalescente. Elle ne donne pas de précipité par refroidissement. L'amylopectine ne rétrograde pas. Soumise à la dialyse, elle dépose au fond du vase des grains très réfringents, ne se dissolvant ni dans H^2SO^4, ni dans NHO^3, inattaquables par les alcalis et non colorables par l'iode. Ces grains se dissolvent dans HCl à chaud.

Il est probable que c'est un sel de chaux et que les enveloppes du grain d'amidon ne sont autre chose qu'un complexe de substance minérale et d'amylopectine.

En faisant agir, sur l'amylopectine dialysée et très concentrée, de l'eau de chaux, j'ai pu obtenir des membranes visibles au microscope, colorables en bleu violacé par l'iode et semblables à des membranes d'enveloppes du grain d'amidon.

Toute une série d'autres réactifs employés dans le même but n'ont donné aucun résultat.

L'amylopectine purifiée par dialyse et desséchée est complètement soluble dans l'eau à froid.

(¹) MAQUENNE et ROUX, *Annales de Chimie et de Physique*, t. IX, 1906, p. 179-220.

3° En 1855, Reinsch ([1]) employa la congélation comme moyen de purification de l'empois d'amidon. D'après lui, le grain d'amidon contient des substances solubles : sucres et gommes. Après la décongélation du glaçon d'amidon, il obtient un précipité blanc, filamenteux très pur, auquel il donne le nom d'*amilonide*.

En 1872, Nägeli ([2]), en congelant des empois d'amidon, obtient des précipités analogues et en conclut à l'insolubilité de l'amidon dans l'eau.

a. Une solution d'amylose à 0,5 pour 100, chauffée à 140° à l'autoclave pendant 1 heure, a été soumise à la congélation. Après la décongélation du glaçon, on trouve au fond du vase un précipité blanc, floconneux et filamenteux au microscope. La conductivité électrique du liquide filtré = 0,0004. Son poids sec = 1g,8 par litre, et avec l'iode il se colore en bleu franc.

b. Une solution d'amylopectine, congelée dans des conditions identiques, donne après la décongélation une solution opalescente, sans trace de précipité. Sa conductivité électrique = 0,00014. Ses solutions très étendues se colorent avec l'iode en bleu violacé.

c. Un mélange d'amylose et d'amylopectine, à proportions égales, le tout à 1 pour 100, traité de la même façon et dans les mêmes conditions, laisse, après la décongélation du glaçon, un précipité compact, blanc et filamenteux. Le liquide filtré est entièrement hyalin, ne donnant qu'une très faible coloration avec l'iode. La conductivité électrique du liquide = 0,00014. Son poids sec = 0g,300 par litre.

d. Une solution d'amylose à 0,5 pour 100, purifiée par dialyse à 50° C. dans des sacs de collodion stérilisés, insoluble à l'eau froide, chauffée à 140° C. à l'autoclave pendant une heure est soumise à la congélation. Après la décongélation du glaçon, on trouve un précipité filamenteux dans un liquide entièrement limpide, qui ne se colore pas par la solution iodo-iodurée. Sa conductivité électrique = 0,00008.

e. L'amylopectine purifiée par dialyse, soluble dans l'eau froide, traitée de la même façon et dans les mêmes conditions, donne, après la décongélation du glaçon, un liquide opalescent qui se colore en bleu violacé par l'iode. La conductivité électrique du liquide = 0,00003.

Conclusions. — 1. La fécule de pomme de terre crue, traitée de la même façon, donne deux corps bien distincts qu'on peut séparer facilement : l'amylose et l'amylopectine.

([1]) Reinsch, *Ueber einige bis jetzt noch wenig beobachtete Eigenschaften des Stärkemehls* (*Neues Jahrbuch f. Chemie*, t. III, 1855, p. 65-69; t. XVII-XVIII, 1862, p. 237-240).

([2]) Nägeli, *Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe*, Bd. CLXXIII, 1874, p. 218-226.

2. L'amylopectine correspond à l'enveloppe du grain d'amidon et l'amylose est localisée à l'intérieur du grain.

3. Les enveloppes du grain d'amidon sont un complexe de substance minérale et d'amylopectine proprement dite.

4. L'amylose ainsi d'ailleurs que l'inuline possède la propriété, en vieillissant ou sous l'action du froid, de précipiter spontanément de ses solutions.

A ce phénomène, MM. Maquenne et Roux ont donné le nom de *rétrogradation* et ils ont utilisé cette propriété pour purifier l'amylose qu'ils ont retirée du grain d'amidon.

La rétrogradation de l'amylose est d'autant plus complète que la substance est plus pure.

5. L'amylopectine purifiée ou non ne précipite pas de ses solutions ni en vieillissant, ni sous l'influence du froid.

6. Si on laisse vieillir ou si l'on soumet au froid un mélange d'amylose et d'amylopectine, ou un empois d'amidon qui est un mélange naturel des deux substances, l'amylose (même non purifiée) entraîne en précipitant presque toute l'amylopectine. Les granules de l'amylose, qui est un sol, étant en suspension dans l'amylopectine, qui est un gel, en s'agglutinant entraînent la substance qui leur sert de substratum.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une nouvelle matière colorante végétale, la thuyorhodine.* Note de M. **Tsvett**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que le feuillage des Thuyas et de divers autres Conifères subit en hiver une décoloration particulière, la teinte virant, sur le côté exposé au soleil, au brun ou au rouge. D'après certaines observations spectroscopiques, on a voulu voir la raison de ce phénomène dans une modification du pigment chlorophyllien sous l'action des acides du suc cellulaire, conduisant à la formation de *chlorophyllane* brune. Il n'en est rien.

Ainsi que le prouve l'analyse immédiate de pigment hivernal du Thuya, opérée par le moyen de nos méthodes d'adsorption [1], il n'y a pas de modification des chlorophyllines α et β, mais néoformation d'une matière colorante rouge que nous proposons de dénommer *thuyorhodine*.

Le feuillage et les rameaux à étudier sont finement broyés dans un mortier avec de

(1) Voir la littérature dans la *Revue gén. de Botan.*, t. XX, 1908, p. 328.

l'émeri ou du sable marin additionnés de carbonate calcique en vue de neutraliser les acides végétaux. On verse ensuite dans le mortier le dissolvant approprié (alcool, sulfure de carbone ou éther de pétrole léger), et l'on continue de broyer jusqu'à ce que le liquide se soit fortement coloré. L'alcool enlève la totalité du pigment, les autres solvants n'en prennent qu'une partie, le reste demeurant fixé dans le magma par l'effet des forces moléculaires d'adsorption (affinité capillaire de Chevreul). L'extrait sulfocarbonique et l'extrait obtenu par l'éther de pétrole sont immédiatement propres à l'analyse chromatographique. Quant à l'alcoolature, le pigment en doit être chassé dans de l'éther de pétrole et la solution obtenue sera débarrassée de toute trace d'alcool par lavage à l'eau. Les solutions, obtenues comme il a été dit, sont filtrées sous pression au travers de colonnes de carbonate calcique précipité, bien tassées. Les chromatogrammes obtenus, développés dans un courant de benzène, montrent, outre les zones de chlorophyllines et de xanthophylles caractéristiques pour la chlorophylle, des zones particulières dont l'une, précédant toutes les autres, est d'un beau rouge rubis. Extraite du chromatogramme au moyen d'alcool ou d'éther de pétrole alcoolisé, la matière colorante de cette zone, la thuyorhodine, manifeste les propriétés suivantes : la solution sulfocarbonée en est rouge, la solution alcoolique rose et la solution dans l'éther de pétrole est jaune; cette dernière solution, agitée avec de l'alcool à 80°, lui cède la majeure partie du pigment.

Le spectre d'absorption de la solution sulfocarbonée présente 4 bandes :

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{I} & < & \text{II} & = & \text{III} & = & \text{IV} \\ \lambda & 570\text{-}560 & & 530\text{-}515 & & 470\text{-}475 & & 450\text{-}440 \end{array}$$

La solution dans l'éther de pétrole donne 3 bandes :

$$\begin{array}{cccccc} & \text{I} & < & \text{II} & > & \text{IV} \\ \lambda & 530\text{-}515 & & 495\text{-}480 & & 470\text{-}455 \end{array}$$

En solution alcoolique, les bandes sont moins nettes. La principale se trouve entre λ 510 et λ 480. Une région dans laquelle la lumière est un peu moins absorbée la relie à une bande λ 550-530 se dégradant progressivement vers la gauche.

Le thuyorhodine se colore en bleu indigo par l'acide sulfurique concentré (réaction dite *des lipochromes*). Les alcalis caustiques ne paraissent pas la modifier.

La thuyorhodine n'existe pas seulement chez le *Thuya orientalis;* nous avons constaté également sa présence : dans les feuilles rougies du *Cryptomeria japonica* (en abondance) et dans les feuilles, demeurées pourtant vertes, de *Cupressus Naitnocki*, *Retinospora plumosa, Juniperus virginiaca*, et *Taxus baccata*.

PHYSIOLOGIE. — *Action du venin de cobra sur le sérum de cheval. Ses rapports avec l'hémolyse.* Note de M. C. **Delezenne** et M^lle^ S. **Ledebt**, présentée par M. E. Roux.

On sait que les globules rouges d'un grand nombre d'espèces animales sont totalement réfractaires à l'action hémolytique du venin de cobra, lorsqu'ils ont été soigneusement lavés dans la solution physiologique de NaCl. L'hémolyse se produit facilement, au contraire, si l'on ajoute à ces globules, en même temps que le venin, une petite quantité de sérum sanguin approprié, ou une faible dose de lécithine. En raison des analogies qu'il présente avec les processus en apparence plus complexes de l'hémolyse par les sérums spécifiques, ce phénomène a été considéré comme un cas particulier relativement simple d'une action lytique due à la coopération d'un ambocepteur et d'un complément. En accord avec la théorie d'Ehrlich, on a admis que le venin (ambocepteur) se combine à la lécithine surajoutée (complément) ou à celle du sérum pour former une nouvelle substance (cobralécithide de Kyes) qui, à l'exemple de certains corps chimiquement définis, possède la propriété de dissoudre directement les hématies. Combattue par quelques auteurs qui contestent l'existence du lécithide ou nient toute participation du venin à sa constitution, cette conception a été vivement attaquée tout récemment encore par Bang qui dénie à la lécithine pure tout pouvoir activant, vis-à-vis du venin, et rapporte la propriété hémolytique de ce dernier à une fonction acide.

Nous avons repris l'étude de cette question en nous limitant tout d'abord au cas relativement simple de l'hémolyse des globules lavés de bœuf, de mouton ou de cheval par le venin de cobra et le sérum de cheval. La plupart des expériences ont été réalisées en faisant agir sur les globules, à la température de 16°-18°, une dose fixe de sérum en présence de quantités variables de venin.

Si les expériences sont réalisées suivant le type habituel, c'est-à-dire si les mélanges venin-sérum sont faits en présence des globules ou aussitôt avant de leur être ajoutés, on observe que l'hémolyse, très rapide pour des doses élevées de venin, se ralentit au fur et à mesure que la quantité diminue pour devenir complètement nulle à partir d'une dose qui, dans ces conditions expérimentales, représente la dose limite de venin capable de produire l'effet minimum. Une telle dose ne donne, par exemple, qu'une simple trace d'hémolyse après 24 heures à la température de 16°-18°.

Les choses se passent tout différemment si les expériences sont faites suivant la technique que nous avons adoptée, c'est-à-dire si les mélanges venin-sérum sont abandonnés pendant des temps variables à la température du laboratoire ou à celle de l'étuve (40° ou 50°) avant d'être mis en contact avec les globules.

a. En opérant dans ces conditions, on constate que dans des limites extrêmement étendues, quelle que soit la dose de venin employée, les mélanges acquièrent toujours à un moment donné (période d'activité maximale) un pouvoir hémolytique très intense et d'intensité sensiblement égale pour les mélanges faibles et pour les mélanges forts. Ce maximum est d'autant plus vite réalisé que la quantité de venin utilisée est plus forte et la température à laquelle sont soumis les mélanges plus proche d'un optimum.

Fait important, ces résultats s'observent non seulement pour des doses de venin équivalentes ou immédiatement voisines de celles qui se montrent totalement inefficaces dans les expériences du type habituel (mélanges faits en présence des globules) mais pour des quantités 100 fois, 200 fois et même 500 fois inférieures à ces dernières. Ces faits nous permettent d'affirmer : 1° que le venin agit comme un catalysateur, en l'espèce une diastase, capable de libérer, aux dépens de certains matériaux du sérum, une substance douée de propriétés hémolytiques propres; 2° que cette action catalytique du venin est considérablement limitée par la présence des globules.

La substance active, formée sous l'influence du venin et dont nous poursuivons actuellement l'étude, est soluble dans l'eau et dans l'alcool, résiste à la température d'ébullition et n'est pas neutralisée par le sérum antivenimeux. Le venin ne participe par aucun de ses constituants à la formation de cette substance. Quelle que soit la dose primitivement ajoutée, il peut toujours à la fin de la réaction être retrouvé intégralement, séparé des produits qui l'accompagnent et provoquer, s'il est placé dans les conditions premières, une nouvelle réaction identique à la précédente.

b. Le pouvoir hémolytique des mélanges venin-sérum, après avoir passé par un maximum, s'atténue progressivement et finit par disparaître. Ce phénomène est d'autant plus rapide que la dose de venin primitivement ajoutée est plus forte et la température à laquelle sont soumis les mélanges plus proche de l'optimum. Cette seconde phase du phénomène exige toujours cependant, pour être complète, un temps beaucoup plus long que la première. Cette inactivation est également le résultat d'une action diastasique exercée par le venin : 1° en effet, si l'on ajoute aux mélanges, à la période d'activité maximale, une quantité de sérum antivenimeux exacte-

ment calculée pour obtenir la neutralisation de la dose de venin primitivement introduite, on constate que ces mélanges conservent intactes les propriétés premières qu'ils ont acquises. Seul un sérum spécifique, en l'espèce le sérum anticobra, peut produire cette action d'arrêt : de telle sorte qu'on observe ce phénomène, en apparence paradoxal, que le sérum antivenimeux est le seul agent capable de conserver à un mélange hémolytique, venin-sérum, ses propriétés toxiques pour les globules; 2° quand la réaction est terminée on peut, comme à la fin de la première phase, séparer les produits formés et en faire l'étude. La chose est d'autant plus aisée qu'une partie de ces produits se sépare spontanément du liquide au cours de l'inactivation, sous la forme d'un précipité (globoïdes biréfringents donnant la croix de polarisation) qu'il est facile d'isoler et de soumettre à l'analyse. 3° Le venin peut encore, à la fin de cette nouvelle réaction, être séparé des substances qui l'accompagnent et manifester à nouveau l'ensemble de ses propriétés premières s'il est mis en rapport avec une nouvelle quantité de sérum.

c. Les mélanges devenus totalement inactifs sont capables de manifester une action empêchante des plus nettes sur divers processus hémolytiques déterminés par le venin. A doses relativement faibles, ils empêchent l'hémolyse des espèces globulaires directement sensibles au venin, ils neutralisent l'action hémolytique si intense du couple lécithine-venin et dans de certaines conditions, que nous aurons à préciser, s'opposent totalement aux effets de nouveaux mélanges sérum-venin, mis d'emblée au contact des globules. Cette action empêchante, souvent égale à celle du sérum antivenimeux, disparaît complètement quand le mélange a été porté à la température de 75°-80°.

Malgré leurs propriétés empêchantes, les mélanges inactifs peuvent être réactivés par simple addition de sérum neuf. En fait, il s'agit moins d'une réactivation au sens que l'on attache habituellement à ce mot que d'une nouvelle action du venin sur le sérum surajouté. Le venin contenu dans les mélanges inactifs et qui a conservé intégralement ses propriétés recommence d'ailleurs, sur le sérum surajouté, toute la série des transformations que nous venons de passer en revue; et si la quantité de venin mise en œuvre à l'origine n'est pas trop faible, le même processus peut être reproduit un très grand nombre de fois par des additions nouvelles et successives de sérum. Cette expérience très suggestive montre encore mieux que les précédentes que le venin n'intervient dans ces processus qu'à la façon d'un catalysateur ou d'un ferment.

PHYSIOLOGIE. — *Passage de la nucléo-protéide anticoagulante du foie dans le sang. Action comparée de l'atropine suivant la voie de pénétration.* Note de MM. **Doyon**, **A. Morel** et **A. Policard**, présentée par M. A. Dastre.

I. Nous avons démontré antérieurement les faits suivants : que le foie de certains animaux (chien, chat) contient une substance phosphorée anticoagulante (antithrombine) et que le sang des animaux sensibles à l'action de la peptone (chien, chat) contient, lorsqu'il est devenu incoagulable (par suite de l'injection intra-veineuse de cette substance), une nucléo-protéide anticoagulante identique à celle qu'on extrait du foie de ces mêmes animaux. L'action de la peptone s'explique donc par le passage de la nucléo-protéide du foie dans le sang. Enfin, chez les animaux réfractaires à l'action de la peptone (lapin), les nucléo-protéides du foie sont dénuées de toute propriété coagulante.

II. Nous apportons aujourd'hui quelques faits nouveaux à l'appui de l'origine hépatique et de la nature nucléo-protéique de l'antithrombine.

1° La peptone est un poison qui détermine l'incoagulabilité chez le chien, quel que soit le vaisseau par lequel il pénètre. Si l'on prélève du sang, avant et après une injection de peptone à dose suffisante pour déterminer l'incoagulabilité, on constate que le sang incoagulable contient une quantité beaucoup plus considérable de nucléo-albumine phosphorée possédant les caractères chimiques que nous avons signalés pour l'antithrombine, que le sang prélevé avant l'injection.

Expérience. — Chien de 17^{kg} nourri. On prélève 200^{g} de sang carotidien, puis on injecte dans une saphène une solution de peptone Witte (0,4 de peptone par kilogramme d'animal). Le sang devient incoagulable. On attend 15 minutes puis on prélève de nouveau 200^{g} de sang carotidien [1].

Le plasma est séparé par centrifugation, puis chauffé 15 minutes au bain-marie bouillant. Le liquide séparé, du coagulatum est précipité par l'acide acétique à chaud. Le précipité est repris par une solution alcaline faible. La nucléo-protéide précipitée et purifiée à deux reprises, comme nous l'avons indiqué dans une précédente Note, est évaluée par rapport à 1000^{g} de sang par sa teneur en phosphore.

Le dosage du phosphore a donné les résultats suivants :

Avant l'injection : $0^{g},095$ de phosphomolybdate; après l'injection : $0^{g},260$.

---

(1) Soit avant, soit après l'injection le sang est reçu sur de l'oxalate (12^{cm^3} d'une solution à 24 pour 400) pour empêcher la coagulation des échantillons coagulables ; pour égaliser les conditions de l'expérience on ajoute de l'oxalate même au sang incoagulable; de même dans les expériences avec l'atropine.

2° L'atropine détermine l'incoagulabilité du sang chez le chien, mais seulement lorsqu'elle est injectée dans le canal cholédoque ou dans une veine mésaraïque ([1]); injectée dans une veine de la circulation générale l'atropine est inactive. Dans les deux cas, l'action du poison sur le sang, notamment sur les globules, est la même; seule l'influence exercée sur le foie varie. Or, la nucléo-protéide anticoagulante n'apparaît dans le sang qu'après l'injection et seulement si l'injection a été faite dans le canal cholédoque ou dans une veine mésaraïque et suivie de succès. D'une manière générale, les nucléo-protéides phosphorées sont bien plus abondantes dans le sang après l'injection dans le cholédoque que dans toute autre condition.

Expérience. — On choisit deux chiens jeunes de forte taille (23^{kg} environ). On prélève à chaque chien 200^{g} de sang carotidien, puis on injecte à chaque animal, chez l'un, dans le canal cholédoque, chez l'autre, dans une saphène, brusquement, 40^{cm^3} à 50^{cm^3} d'une solution à 1 pour 100 de sulfate neutre d'atropine. Le sang du chien injecté par le cholédoque devient incoagulable; le sang du second chien reste parfaitement coagulable. 15 minutes après l'injection, on prélève de nouveau à chaque animal, 200^{g} de sang carotidien. Le plasma séparé par centrifugation est traité exactement comme il a été indiqué dans l'expérience précédente. Les nucléo-protéides, après purification, sont évaluées par rapport à 1000^{g} de sang par leur teneur en phosphore.

1° Injection d'atropine dans le cholédoque : avant l'injection, moins de $0^{g},005$ de phosphomolybdate; après l'injection, moins de $0^{g},085$ de phosphomolybdate.

2° Injection d'atropine dans la saphène : avant l'injection, moins de $0^{g},005$ de phosphomolybdate; après l'injection, moins de $0^{g},005$ de phosphomolybdate.

III. Les agents qui provoquent *in vivo* l'incoagulabilité du sang, tout en étant inactifs *in vitro*, paraissent agir dans l'organisme en faisant sortir du foie une nucléo-albumine possédant le pouvoir anticoagulant direct.

MÉDECINE. — *De la mortalité chez les diabétiques à Paris et dans le département de la Seine.* Note de M. J. **Le Goff**.

Il m'a paru intéressant d'attirer l'attention sur la mortalité chez les diabétiques et en particulier sur l'augmentation considérable des décès causés par le diabète à Paris et dans le département de la Seine.

Si l'on consulte l'*Annuaire statistique* de la Ville de Paris, rédigé par M. le Dr Bertillon, chef des services statistiques à l'Hôtel de Ville, on voit qu'en 1880 il y avait 128 décès causés par le diabète, soit une moyenne

([1]) Les effets sont plus constants si l'injection est faite dans le cholédoque.

de 0,644 par 10000 habitants; 5 ans après, en 1885, le nombre des cas a doublé; on a 261 décès et une moyenne de 1,165 par 10000 habitants.

En 1890, on trouve 304 décès et une moyenne de 1,345 par 10000 habitants; en 1895, on a 370 cas; en 1900, 427; en 1905, 443. Enfin, en 1909, on atteint le chiffre important de 525 décès, soit 1,930 pour 10000 habitants, approximativement 2 décès par 10000 habitants. Ainsi en 30 ans le nombre de décès ayant pour cause le diabète a quadruplé.

Tableau donnant de 1880 à 1909 le nombre de décès ayant pour cause le diabète et la proportion pour 10000 habitants.

Années.	Nombre de cas. A Paris.	Hors Paris.	Total.	Proportion pour 10000 habitants.	Années.	Nombre de cas. A Paris.	Hors Paris.	Total.	Proportion pour 10000 habit.
1880...	127	1	128	0,644	1895...	359	11	370	1,525
1881...	149	4	153	0,683	1896...	378	8	386	1,504
1882...	160	5	165	0,737	1897...	389	12	401	1,596
1883...	133	3	136	0,607	1898...	387	10	397	1,580
1884...	204	3	207	0,924	1899...	373	10	383	1,526
1885...	256	5	261	1,165	1900...	413	14	427	1,700
1886...	257	3	260	1,150	1901...	380	14	394	1,481
1887...	286	6	292	1,291	1902...	376	13	389	1,462
1888...	291	5	296	1,309	1903...	379	23	402	1,511
1889...	307	4	311	1,375	1904...	409	17	426	1,601
1890...	298	6	304	1,345	1905...	419	24	443	1,665
1891...	313	2	315	1,291	1906...	456	23	479	1,760
1892...	295	6	301	1,241	1907...	444	42	486	1,785
1893...	344	5	349	1,439	1908...	431	33	464	1,704
1894...	294	8	302	1,245	1909...	486	39	525	1,930

Si l'on conclut du nombre de décès au nombre de cas de diabète existant à Paris, on peut dire que le nombre de ceux-ci accuse une augmentation inquiétante. On a fait remarquer qu'autrefois beaucoup de cas de diabète étaient méconnus; cependant il faut bien savoir que les méthodes d'analyse du sucre dans les urines n'ont pas varié depuis plus de 50 ans et, même avant 1880, les pharmaciens recherchaient et dosaient le glucose par la réduction de la liqueur de Fehling. L'argument ci-dessus n'a donc pas toute la valeur qu'on lui a attribuée. Si l'on admet que le nombre de diabétiques n'a pas varié depuis 30 ans, il faut conclure du Tableau ci-dessus que la mortalité chez ces malades s'est accrue dans la proportion de 1 à 4, puisque le nombre des décès a quadruplé.

A mon avis ces deux conclusions sont justes : le nombre des diabétiques s'accroît et la mortalité chez ces malades s'accroît également.

A quoi doit-on attribuer cet accroissement considérable d'une maladie qui était à peine connue au commencement du siècle dernier?

Il y a plusieurs causes : il faut d'abord remarquer que le diabète frappe de préférence la classe aisée de la société, celle qui comprend les personnes qui font des repas copieux, qui mènent une vie sédentaire et qui ne se livrent à aucun travail corporel. Ceux qui appartiennent aux professions libérales, les notaires, les magistrats, les professeurs, les médecins sont exposés à devenir diabétiques, s'ils ne s'astreignent tous les jours à des exercices réguliers et à une hygiène alimentaire spéciale.

Depuis que j'ai signalé le rôle important des cellules épithéliales des villosités intestinales dans l'assimilation des hydrates de carbone et, par conséquent, dans les évolutions du diabète, je me suis demandé si la consommation exagérée du saccharose ne devait pas être envisagée comme une des causes de l'augmentation du nombre de cas de diabète.

Il faut se rappeler que le saccharose ou sucre de canne était considéré jusqu'au XVII^{e} siècle comme un médicament et vendu seulement par le pharmacien. Dans le courant du XVIII^{e} siècle on le retira de la betterave. L'établissement du Blocus continental donna à la culture de cette plante un grand essor et l'on a vu durant tout le XIX^{e} siècle la consommation du sucre s'accroître constamment.

Ainsi, en 1910, la consommation annuelle du sucre par habitant était pour l'Angleterre de 40^{kg},710, pour l'Amérique de 31^{kg},400, pour la Suisse de 26^{kg},77, pour l'Allemagne de 19^{kg},11, pour la Scandinavie de 18^{kg},97, pour la Hollande de 17^{kg},68, pour la France de 15^{kg},700, pour la Belgique de 12^{kg},64.

Or ce sont les pays qui consomment le plus de saccharose qui nous montrent le plus grand nombre de diabétiques.

Je rappelle un fait important qui paraît oublié, c'est que, chez une personne normale, je veux dire non diabétique, un excès de saccharose ingéré produit de la glycosurie, alors qu'un excès d'amidon ne le produit jamais. Le saccharose, pour être assimilé, doit être dédoublé dans l'intestin en glucose et en lévulose. Cette opération se fait par l'intermédiaire d'une diastase, l'émulsine, qui se trouve dans le suc entérique sécrété par les glandes de Lieberkühn. Depuis l'introduction du saccharose dans l'alimentation, ces glandes ont dû prendre une activité nouvelle, puisque d'après ce que je

viens de dire un Anglais consomme 111g de saccharose par jour, un Américain 86g et un Français 43g (1).

Je disais, d'autre part, que la mortalité chez les diabétiques augmente.

En général, le diabétique ne souffre pas, il possède un excellent appétit, il ne se soigne pas ou se soigne mal. Plus que tout autre malade, il se laisse influencer par la réclame en faveur de tel produit qui lui est présenté comme un remède infaillible. Ce n'est qu'à l'occasion d'un accident qu'il va voir le médecin, alors qu'il devrait se faire examiner d'une manière régulière et évaluer le degré de sa glycosurie à chaque changement de régime.

MÉDECINE. — *L'immunisation par voie intestinale. Vaccination antityphique.* Note de MM. **Jules Courmont** et **A. Rochaix**, présentée par M. A. Chauveau.

Nous avons réalisé, depuis 3 ans, un très grand nombre d'expériences sur l'immunisation, par la voie intestinale, vis-à-vis de différentes infections microbiennes, notamment vis-à-vis de l'infection éberthienne. Ces essais de *vaccination antityphique* ont été faits sur la *chèvre*, le *cobaye*, le *lapin* et, enfin, sur l'*homme*. Ce sont les seuls dont nous parlons aujourd'hui (2).

I. Le vaccin était une culture (vaccin polyvalent; 8 bacilles d'Eberth), âgée de 8 jours, tuée à +53°.

La voie d'introduction a été tantôt buccale (ingestion), tantôt intestinale (lavements).

L'immunisation peut s'obtenir par les deux méthodes; cependant nous préférons la seconde. L'ingestion occasionne parfois des malaises, est mal tolérée; le *lavement passe inaperçu* (3) et peut être conservé pendant des heures (culture tuée additionnée de quelques gouttes de laudanum, adminis-

(1) On sait que Linossier et Roque (*Archives de Médecine expérimentale*, 1895) ont trouvé de la glycosurie chez 19 sujets sains :

Après l'ingestion de	50g	de saccharose, dans	11	pour	100	des cas
»	100	»	16	»	100	»
»	150	»	19	»	100	»
»	200	»	29	»	100	»

(2) Ch. Richet a vu récemment que l'ingestion de crépitine immunise contre l'injection intra-veineuse de cette substance.

(3) On peut introduire sans danger dans l'intestin de fortes doses de toxine tétanique (Vaillard et Vincent).

trée avec une longue canule souple rectale). En outre, l'ingestion paraît moins efficace; on connaît d'ailleurs l'action de la bile, du suc gastrique, etc. (Roger, Vincent, etc.), sur les toxines.

II. Les doses ont été, pour chaque lavement, de 100^{cm^3} pour les lapins, de 250^{cm^3} à 300^{cm^3} pour les chèvres. Nous donnons trois lavements à quelques jours d'intervalle.

Au bout de quelques jours (même après un seul lavement) apparaissent les propriétés agglutinante, bactériolytique, bactéricide du sérum des vaccinés. Le pouvoir agglutinant est peu élevé ($\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$) et sans signification. Les pouvoirs bactériolytique ($\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$), bactéricide ($\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$; méthode d'Ehrlich) se développent rapidement; mais *sans parallélisme avec l'immunisation*. Le pouvoir antitoxique méritera une étude spéciale.

La phase négative (prédisposition) peut exister comme dans la vaccination sous-cutanée; elle ne paraît pas constante.

Après 10 ou 15 jours, l'animal est vacciné. Des lapins, par exemple, ayant reçu trois lavements (de 100^{cm^3}) 28, 21 et 15 jours auparavant, résistent presque sans symptômes à une inoculation intra-veineuse de 1^{cm^3} de culture virulente de B. d'Eberth (autre échantillon que ceux du vaccin), qui tue les témoins en 28 heures.

III. Nous administrons à l'*homme*, à 5 jours d'intervalle, trois lavements de 100^{cm^3} (canule souple de $0^m,40$; dix gouttes de laudanum). Ils sont facilement conservés pendant 24 heures et n'entraînent aucune réaction, aucun symptôme.

Dès le 10e jour, le pouvoir agglutinant monte à $\frac{1}{30}$, le pouvoir bactériolytique à $\frac{1}{15}$ ou $\frac{1}{20}$. Le pouvoir bactéricide atteint $\frac{1}{200}$, pour dépasser bientôt $\frac{1}{500}$ et même $\frac{1}{1000}$.

IV. *Conclusions*. — L'introduction de toxines vaccinantes (notamment de cultures tuées de B. d'Eberth) dans l'intestin, par ingestion ou de préférence par lavement (plus efficace, innocuité) peut immuniser. La vaccination antityphique, par cette méthode inoffensive, est applicable à l'homme.

Nous reviendrons sur l'absorption élective et la transformation des toxines par l'intestin, phénomène très complexe.

MÉDECINE. — *Action du courant continu sur la pénétration diadermique des principes radioactifs des boues actinifères*. Note de Mme **Fabre** et MM. **A. Zimmern** et **G. Fabre**, présentée par M. E. Roux.

Dès 1909, l'une de nous, Mme Fabre, avait appliqué avec succès les courants continus, l'électrode positive reposant sur une couche de boues

radioactives recouvrant la partie malade et l'électrode négative étant appliquée sur le rachis. Dans les deux cas traités (2 cas de rhumatisme gonococcique très rebelles) les symptômes disparurent et aucune récidive ne s'est produite depuis.

Cette méthode a été reprise depuis par Bertollotti de Turin.

Dans le but de vérifier la réalité d'une influence additionnelle des courants continus sur l'action thérapeutique des boues radioactives, nous avons recherché à quel point le courant continu est capable de modifier la pénétration de matières radioactives dans les tissus.

Pour réaliser l'expérience *in vitro*, nous avons employé comme électrodes des tubes de gélatine à 3 pour 100 isotonique en contact avec un bain de boues ferrugineuses radioactives actinifères. Après le passage pendant 15 heures d'un courant de 5 milliampères, la gélatine à l'électrode négative a été étalée, desséchée à 37° et mesurée au quartz piézo-électrique de Curie. Elle manifestait alors une activité de $0^{U},06$ [1] qui a persisté depuis en augmentant sensiblement jusqu'à $0^{U},118$ au cinquième jour.

L'électrode positive a acquis également une forte activité, mais plus lente à se manifester et n'apparaissant que le troisième jour pour atteindre le quatrième la même activité que l'électrode négative et se maintenir ensuite à $0^{U},130$.

L'activité des électrodes négatives paraît disparaître à la température de 40°, alors qu'elle persiste à 37°.

Nous suggérons, sans être encore affirmatifs, que cette activité pourrait être due à la fixation de l'actinium X dont la volatilité est peu connue et qui se sépare aisément par électrolyse en solution alcaline.

L'expérience *in vitro* nous prouve donc que, dans le traitement par les boues ferrugineuses radioactives actinifères, la pénétration diadermique des substances radioactives sous l'influence du courant continu l'emporte sur l'application simple des boues sur le tégument.

Nous avons appliqué ce procédé dans un certain nombre d'affections reconnues justiciables du traitement par le rayonnement du radium et les rayons X (adénopathies, maladie de Basedow, localisations bacillaires diverses, arthrites, chéloïdes douloureuses, etc., etc.).

Nous nous réservons de publier les résultats définitifs quand ils auront subi l'épreuve du temps.

---

(1) L'activité à sec des boues employées était de $0^{U},15$.

RADIOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode d'introduction du radium dans les tissus.* Note [1] de MM. **Haret**, **Danne** et **Jaboin**, transmise par M. Chauveau.

Nous avons commencé l'étude de notre nouvelle méthode dès octobre 1910. Cette méthode consiste à introduire des ions radium dans l'organisme. A cet effet on opère une électrolyse suivant le procédé habituel, l'électrolyte étant constitué par une solution aqueuse d'un sel de radium pur.

Nous nous sommes livrés à toute une série de recherches sur le lapin, sur la génisse et sur des malades, sans occasionner aucun accident chez les sujets en expérience [2].

Un premier lapin a été soumis à l'électrolyse, en plaçant l'électrode positive de charbon sur la face postéro-externe de la patte gauche, préalablement rasée; cette électrode était munie d'une compresse de gaze, imbibée avec 22^{cm^3} d'une solution aqueuse radifère au microgramme, c'est-à-dire contenant $22^{\mu g}$ de bromure de radium; la patte de l'animal a été *ligaturée* avec du caoutchouc, à la racine du membre, au-dessus de la compresse. L'électrode négative, constituée par une plaque d'étain recouverte d'une compresse, a été placée à la partie lombaire droite qui avait été rasée également avant l'expérience. On lance le courant : la période d'établissement de 0 à 30 milliampères dure 5 minutes, cette intensité persiste pendant 30 minutes, puis la période de décroissance jusqu'à zéro dure 5 minutes. L'animal est sacrifié, la partie de la patte traitée divisée en trois couches longitudinales superposées, l'os mis également de côté. Nous avons alors recherché le radium dans chacune de ces couches, après destruction de la matière organique, calcination avec traitement par le carbonate de soude et reprise par l'eau acidulée, puis, nous avons dosé ce radium, au bout de plusieurs jours, par la méthode de l'émanation, au moyen du quartz piézo-électrique, en effectuant les corrections nécessaires. Nous avons trouvé successivement: dans la première couche, $0^{\mu g},15$; dans la deuxième, $0^{\mu g},11$; dans la troisième, $0^{\mu g},04$; dans les os, $0^{\mu g},059$ de sel de radium.

Un deuxième lapin a été soumis à des expériences analogues sans ligature de la patte. La patte droite n'a été traitée qu'une fois, tandis que la patte gauche a été soumise à deux électrolyses successives à 7 jours d'intervalle. L'électrode positive a été chargée chaque fois avec $20^{\mu g}$ de bromure de radium placés dans 10^{cm^3} d'eau. Après le sacrifice de l'animal, nous avons trouvé les résultat suivants :

---

[1] Transmise dans la séance du 13 mars 1911.

[2] Nous avons effectué toutes ces expériences avec la collaboration de M. Faivre.

	Patte droite (1 application).	Patte gauche (2 applications).
	μg	μg
Peau	0,058	0,11
Aponévrose	0,017	0,042
Tissu musculaire	0,026	0,07
Tissu entourant l'os	0,02	0,04
Os	0,03	0,05

L'examen de ces chiffres démontre que les applications successives semblent additionner les quantités de sel de radium accumulées.

Un troisième lapin a été soumis à cinq électrolyses successives, à 7 jours d'intervalle, avec l'électrode positive chargée, chaque fois, de 20$^{\mu g}$ de bromure de radium. Après sacrifice, nous avons trouvé, dans la peau, 0$^{\mu g}$,03 de sel de radium; dans l'aponévrose, 0$^{\mu g}$,02; dans le tissu musculaire, 0$^{\mu g}$,09; dans les os, 0$^{\mu g}$,08.

Pour démontrer que la pénétration du sel de radium était due à l'électrolyse, nous avons appliqué, pendant 40 minutes, sur la cuisse droite d'un quatrième lapin, une compresse imbibée comme pour nos expériences précédentes. Après la mort de l'animal, le radium a été recherché dans la partie sous-jacente à la compresse. Seule la partie externe de la peau en contenait 0$^{\mu g}$,023, alors qu'il n'y en avait pas trace dans l'aponévrose, le tissu musculaire et les os.

Enfin, la preuve de l'innocuité de ces expériences nous a été fournie par la survie d'un lapin traité depuis 2 mois, lequel a augmenté de poids et paraît en excellent état.

Nous avons répété ces expériences sur une génisse. Sur le membre antérieur, préalablement rasé et lavé, il a été placé à la face externe, comme électrode positive, une compresse imbibée d'une solution de 20$^{\mu g}$ de bromure de radium. Une autre compresse, imbibée d'eau pure, a été placée sur la face interne du même membre et reliée au pôle négatif. On fait passer 20 milliampères pendant 30 minutes. Après la séance, la région est lavée et l'animal sacrifié 24 heures après l'expérience; la partie du membre traitée, qui mesure alors 7^{cm} d'épaisseur, est sectionnée en 7 parties d'environ 1^{cm}, sauf pour la peau, l'aponévrose et l'os. Les dosages du radium accumulé ont donné les résultats suivants :

	μg		μg
1. Peau (compresse positive)	0,061	5. Os (milieu)	0,023
2. Aponévrose	0,019	6. Tissu musculaire	0,017
3. Tissu musculaire	0,025	7. Peau (compresse négative)	0,012
4. Tissu musculaire	0,017		

Une série d'expériences a été faite sur des personnes. Chez l'une d'elles, on a recueilli de l'urine dans laquelle on a pu déceler la présence du radium.

On peut donc conclure de ces expériences :

1° Que le radium passe dans les tissus par ionisation;

2° Que l'ionisation est nécessaire, lorsqu'on ne fait pas d'effraction de la

peau, pour porter le radium dans les tissus sous-cutanés, l'application de compresses imbibées d'une solution radifère n'étant pas suffisante;

3° Que la pénétration de l'ion radium se fait à une grande profondeur (génisse);

4° Que la circulation sanguine reste indépendante de ce transport, puisque dans la première expérience, en dépit de la ligature, nous avons trouvé du radium dans les tissus musculaires et dans l'os;

5° Que le séjour du radium persiste un temps suffisamment long dans les tissus pour permettre, par des séances d'ionisation successives à quelques jours d'intervalle, d'en obtenir une quantité assez grande dans les tissus pour en attendre des résultats thérapeutiques;

6° Que les effets de cette ionisation ne sont pas nocifs pour l'animal en expérience.

Des applications sur divers malades ont démontré que la pénétration de l'ion radium provoque une action sédative manifeste et que certaines tumeurs diminuent rapidement par l'effet de cette nouvelle méthode d'introduction du radium dans les tissus.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur l'origine des cancers de la peau.* Note de MM. L. **Bruntz** et L. **Spillmann**, présentée par M. Guignard.

On sait, comme de nombreux faits cliniques le prouvent, que les cancers se différencient toujours aux dépens de formations pathologiques préexistantes. C'est ce que Ménétrier (1908) a bien exprimé en disant que les cancers au début présentent seulement une accusation de lésions préexistantes (hétérotopie cellulaire et hyperplasie inflammatoire). En effet nous voyons, par exemple, un épithélioma des téguments succéder à une tumeur bénigne (papillome) ou se développer sur les bords d'une ulcération (orifice externe des fistules naturelles ou artificielles). Ce sont ces lésions primitives qui constituent donc le stade précancéreux recherché par les auteurs désirant surprendre des images cytologiques de la différenciation cancéreuse. Ainsi, l'étude de la genèse des épithéliomas nous apparaît inséparable de celle de formations préexistantes (papillome, ulcération, etc.).

Examinons seulement deux cas: 1° Une coupe de jeune papillome montre cette tumeur constituée par le derme et l'épiderme. Le derme présente des vaisseaux sanguins dilatés entourés d'un infiltrat leucocytaire marqué résul-

tant du premier stade d'une exocytose incomplète. En effet les leucocytes, chargés des substances inutiles ou nuisibles qu'ils transportent, sont arrêtés par une violente réaction épidermique, caractérisée par de l'hyperplasie (épaississement des différentes couches constitutives) et de l'hyperfonctionnement (abondance des cellules à éléidine et importance de la couche cornée). Les leucocytes, arrêtés dans leur exocytose, s'organisent, semble-t-il, en tissu conjonctif. Ainsi, le papillome résulte de l'action de leucocytes éliminateurs et de la réaction épithéliale consécutive; l'hyperplasie épidermique a pour cause *la division des jeunes cellules épidermiques*.

2° Si, dans une lésion cutanée, la réaction épidermique n'a pas empêché le passage des leucocytes, les globules lèsent alors l'épiderme traversé, et, par réaction défensive, des processus de cicatrisation, marqués par des *mitoses des jeunes cellules épidermiques*, sont mis en jeu. On peut rencontrer de ces phénomèmes de cicatrisation dans le voisinage des lésions ulcératives entretenues par le passage continu de leucocytes éliminateurs.

Dans tous les cas, que les leucocytes passent ou non au travers de l'épiderme, leur action a donc pour résultat de stimuler les processus de multiplication des cellules épidermiques. Les divisions cellulaires, s'opérant dans un milieu plus ou moins toxique créé par les apports leucocytaires, peuvent être troublées dans leur mécanisme normal.

Comment va s'effectuer la transformation épithéliomateuse, c'est-à-dire cancéreuse, d'une cellule épidermique? Si nous avons pu interpréter, par l'examen de préparations histologiques, la formation d'une tumeur bénigne, nous ne voyons pas comment l'observation permettrait de montrer l'action irritative des leucocytes exercée souvent pendant des années sur les mêmes cellules épidermiques ou leurs cellules filles. C'est donc à une hypothèse corroborée par les faits que nous devons maintenant nous adresser pour expliquer l'apparition d'une cellule épithéliomateuse. Comme nous le montrons dans un Mémoire en cours de publication, l'hypothèse que nous émettons, en ce qui concerne l'origine des cancers de la peau, permet d'expliquer la plupart des cas de tumeurs et d'interpréter un grand nombre de faits cliniques.

Si l'action initative des leucocytes chargés de produits plus ou moins nocifs est continue, comme dans les deux cas cités, les jeunes cellules épidermiques soumises directement à l'action de ces éléments, si elles ne succombent pas, vont comme toujours présenter des phénomènes de suractivité. Normalement, ces cellules se divisent pour donner naissance à des cellules filles dont la plupart subissent la dégénérescence cornée. Si leur

vitalité est exagérée, elles fourniront des divisions plus fréquentes. Mais comme chaque cellule ne possède qu'une quantité approximativement définie de potentiel énergétique, son cycle vital est naturellement raccourci, elle perd sa fonction spécifique en n'accomplissant plus son évolution habituelle. On comprend alors que l'influence prolongée de l'excitant puisse contribuer à différencier quelques jeunes cellules pour en faire *un nouveau type, une nouvelle race* susceptible, à un moment donné, de garder héréditairement sa caractéristique : celle de se multiplier rapidement sans accomplir le même cycle évolutif que celui des cellules ancestrales. Ainsi se trouve donc différenciée la cellule épithéliomateuse.

En résumé, les processus de l'inflammation, tels que nous venons de les détailler, nous ont donc bien conduits : 1° à une tumeur bénigne, réaction hyperplasique caractérisée par une prolifération des cellules gardant leur caractéristique anatomique et leur aboutissant physiologique ; 2° à une tumeur maligne résultant de l'action irritative causée par l'apport ou le passage longtemps répété des globules, entraînant des troubles de l'évolution cellulaire. A leur suite apparaît une nouvelle race de cellules ayant perdu ou gardant seulement plus ou moins l'aspect et la fonction des cellules types, mais dont la propriété essentielle est la faculté qu'elles possèdent de pouvoir se diviser indéfiniment. Ainsi compris, *les cancers de la peau ont donc pour origine une viciation du processus physiologique de régénération des téguments.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la tempête du* 13 *mars* 1911. Note de M. G. GUILBERT, présentée par M. J. Violle.

Par sa violence et son irruption soudaine, la tempête du 13 mars 1911 mérite de se classer parmi les plus importants cyclones qui ont sévi depuis l'organisation des services météorologiques.

De semblables tempêtes ne surviennent sur nos régions qu'à de longs intervalles : celle du 13 mars 1911 n'a guère de précédents depuis le 11 septembre 1903.

Ces cyclones, par leur brusque formation, semblent défier toute prévision. Encore ce 13 mars, le tourbillon cyclonique a traversé en quelques heures les îles Britanniques et la Manche.

Je voudrais montrer que les principes que j'ai exposés sous le nom de *Nouvelle méthode de prévision du temps*, appliqués à la carte isobarique

du 12 mars au matin, permettaient de prévoir l'arrivée du cyclone pour le lendemain, et d'en déterminer l'importance, la vitesse et la trajectoire.

Notre méthode considère, en effet, le vent de surface comme la cause, au moins apparente, des variations barométriques à courte échéance, à 24 heures d'intervalle.

Les vents à composante centripète ou convergents sont, par principe, les ennemis de la dépression. Ils opposent à sa marche et à son développement une résistance d'autant plus efficace qu'ils sont eux-mêmes plus forts proportionnellement à la valeur numérique du gradient barométrique.

Inversement, les vents à composante centrifuge, ou divergents par rapport à un centre cyclonique, loin d'opposer une résistance quelconque à la marche ou au développement de ce centre tendent à le creuser, c'est-à-dire à l'aggraver.

Considérons, d'après ces seuls principes, la situation atmosphérique du 12 mars 1911, à 7^h du matin.

Dans la nuit du 11 au 12, une dépression océanienne s'approche à l'ouest de l'Irlande et fait baisser le baromètre de $-9^{mm},4$ à Valencia.

La présence d'une dépression est donc nettement indiquée. Il s'agit dès lors de déterminer l'avenir de ce tourbillon cyclonique. Va-t-il augmenter ou disparaître? Demeurera-t-il stationnaire ou bien s'avancera-t-il et, alors, sera-ce lentement ou rapidement, dans quelle direction et jusqu'à quelle région?

La réponse à tous ces problèmes, naguère encore insolubles, est donnée par le seul examen de la direction des vents. S'ils sont convergents, la dépression n'avancera pas; s'ils sont divergents, elle se creusera et se précipitera impétueusement.

Or, pour une dépression qui se trouve à l'ouest de l'Irlande, comme au 12 mars, les vents, pour être convergents, doivent souffler du SW en Bretagne; du S au Pas-de-Calais; du SE sur la mer du Nord; des régions E en Écosse. De plus, en face d'une baisse rapide, comme au 12 mars, et pour en triompher, ils doivent déjà souffler avec force (coefficients 5 ou 6).

Il suffit d'ouvrir la carte du 12 mars 1911 pour constater :

1° Qu'en face de la dépression naissante il n'existe de vents opposés, convergents et centripètes, que sur deux points : Valencia, S 3, et Scilly, SW 3; vents faibles et par conséquent sans action;

2° Que partout ailleurs soufflent des vents divergents, centrifuges : N 6 à Stornorway (au lieu d'ESE, direction convergente); NW 5 à Blaksod (au lieu de SE); WSW 3 à Shields (au lieu de SE); SW 2 à Yarmouth, Flessingue et Bruxelles (au lieu de SSE); WSW 1 à Dunkerque (au lieu de S); W 3 à Boulogne et le Havre (au

lieu de S); NW 3 à la Hague (au lieu de SSW); NW 2 à Ouessant et Saint-Mathieu (au lieu de SW); NNW 2 à Brest (au lieu de SW).

En conséquence, non seulement la dépression du large ne rencontre aucune résistance, mais bien au contraire, les vents centrifuges ou divergents, faisant le vide devant elle, favorisent sa marche normale vers l'Est et son extension. Le tourbillon naissant va se creuser et se diriger rapidement vers tous les points où soufflent les vents divergents et, comme l'ont démontré nos observations, vers la dorsale de hautes pressions relatives, vers la ligne de faîte qui sépare les vents divergents des vents convergents. Cette dorsale suit toute la Manche et le sud de l'Angleterre, ayant sur sa gauche des vents SW aux Scilly, Portland, Yarmouth, et sur sa droite des vents de NW en Bretagne, à la Hague et d'W au Pas-de-Calais. C'est aussi la ligne de partage de deux zones de baisse barométrique : l'une sur l'Irlande, l'autre sur la France presque entière.

Le point d'attraction maximum, pour la bourrasque d'Irlande, se trouve au sommet de la courbe, grossièrement parabolique, de la hausse barométrique, c'est-à-dire vers le Pas-de-Calais.

Pour prévoir l'importance numérique de la baisse future, on doit présumer qu'une baisse existante de -9^{mm} *en 12 heures*, et dont toutes les circonstances atmosphériques, éminemment propices, favorisent l'aggravation, sera plus que doublée *dans les 24 heures* suivantes et dépassera largement -20^{mm} (¹).

C'est bien ce que les faits ont montré.

La dépression qui, le 12 au matin, ne devait pas dépasser au centre, sur l'Océan, 750^{mm}, *se creusait progressivement*, en se dirigeant vers la dorsale barométrique, à mesure qu'elle atteignait la région des vents divergents. Elle se trouvait, le 12 au soir, près des Scilly, à 745; vers minuit, au nord de la Hague; près du Havre, à 2^h matin, à 740 environ, et le lendemain 13, à 7^h matin, entre Dunkerque et Bruxelles, à 736 environ, en baisse de -25^{mm}.

(¹) D'ailleurs et d'autre part, il existe dans un rayon limité plusieurs mouvements tourbillonnaires : au sud-est des Shetland, près de Berlin et près de Biarritz. L'une de nos règles exige la réunion de plusieurs dépressions coexistantes en un seul cyclone, plus important que chacun d'elles. La somme des mouvements en baisse dans la dépression d'Irlande et les trois mouvements tourbillonnaires voisins étant égale à -20^{mm}, c'est également une baisse minimum d'au moins -20^{mm} qu'on doit prévoir *au centre de réunion*, c'est-à-dire vers le Pas-de-Calais.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observations sur les charges électriques de la pluie en 1910, au Puy-en-Velay.* Note [1] de M. **A. Baldit**, présentée par M. J. Violle.

Pendant les mois de mai à octobre 1910, nous avons effectué au Puy-en-Velay des mesures sur l'électricité de la pluie destinées à faire connaître la durée respective des pluies positives et négatives, ainsi que la grandeur des charges électriques apportées au sol dans les précipitations. Sur le premier de ces deux points, dont l'importance théorique est considérable, les résultats fort peu nombreux obtenus jusqu'ici ne sont pas concordants. Tandis que les observations de Gerdien à Göttingen en 1902, confirmant celles qu'avaient obtenues quelques années auparavant à Wolfenbüttel Elster et Geitel, donnent la prépondérance aux pluies négatives, celles plus récentes (1908-1909) de G. Simpson à Simla (Inde) accusent une supériorité très nette en faveur des pluies positives. Pour élucider cette question, il est nécessaire d'étendre les recherches à un plus grand nombre de stations.

Nos observations ont été faites à l'aide d'un électromètre à lecture directe. Cet instrument est du type à quadrants légèrement modifié, en vue d'obtenir une capacité réduite et un amortissement presque parfait de l'aiguille. Une forte tige en cuivre, traversant un cylindre d'ambroïde, reçoit à sa partie inférieure, à l'aide d'une pince, le fil de platine très fin auquel est suspendue l'aiguille, tandis que sur sa partie supérieure repose, par l'intermédiaire d'une douille, le récipient destiné à recevoir la pluie. Le récipient est protégé contre les actions électrostatiques extérieures par une gaine métallique mise à la terre. Les déviations du miroir sont mesurées selon la méthode de Poggendorf au moyen d'une échelle divisée et d'une lunette. L'échelle étant placée à 18^{cm} du miroir et les divisions étant espacées de $0^{cm},02$, une division correspond presque exactement à une variation de 1 unité électrostatique dans la charge de l'appareil, lorsque les quadrants sont chargés respectivement à + et — 50 volts.

Tout l'appareil est installé dans une cabane en bois dont le toit laisse passer le récipient pluviométrique. A côté de la cabane, un pluviomètre enregistreur Richard, dont le cylindre fait un tour en 24 heures, donne les indications nécessaires sur l'intensité de la pluie à chaque instant.

Le mode d'observation est le suivant : Les quadrants étant chargés et l'appareil au sol, on note la position d'équilibre de l'aiguille; puis on isole le récipient, on le découvre et l'on note au chronomètre à secondes les divisions de l'échelle qui passent

---

[1] Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

au réticule de la lunette. Lorsque, par suite de la trop grande durée d'une pluie de même signe, l'aiguille dévie trop fortement, on met le récipient au sol et l'on recommence une nouvelle série de mesures. On trace ensuite un diagramme ayant comme abscisses les temps et comme ordonnées positives et négatives les potentiels positifs et négatifs correspondants aux divisions de l'échelle. Les parties ascendantes de la courbe correspondent à des pluies chargées positivement et les parties descendantes à des pluies chargées négativement. Pour connaître la charge électrique apportée par la pluie, il suffit de mesurer exactement la capacité électrique de l'instrument tout installé. La capacité de notre appareil a été trouvée égale à 73 u. es.

Nos observations ont porté sur 48 pluies différentes s'étendant à 30 journées pluvieuses. Sur ces 48 pluies, 27 sont orageuses.

Les intervalles auxquels sont relevés au chronomètre les divisions de l'échelle sont de 15 secondes. En mettant de côté les intervalles douteux, nous avons gardé comme réellement bons 3496 intervalles pendant lesquels le signe de la charge électrique et la valeur du courant ont pu être mesurés.

1° Le nombre des intervalles pendant lesquels la pluie a été positive est de 2104, le nombre des intervalles négatifs 1388. Le rapport est égal à

$$1,52$$

représentant, pour l'époque déterminée et pour un ensemble de pluies qui appartiennent presque toutes aux averses (orageuses ou non), le rapport des durées des pluies positives et négatives. Il y a donc prédominance des pluies positives.

2° Le rapport des quantités d'eau fournies par les pluies positives et par les pluies négatives est de

$$1,45$$

Ce rapport est donc sensiblement le même que celui des durées, mais il n'est pas susceptible d'une mesure aussi précise.

3° Nous avons calculé les valeurs de la charge électrique apportée par la pluie en une seconde et par centimètre carré de surface. Ces valeurs peuvent être regardées comme représentant les intensités d'un courant électrique entre l'atmosphère et le sol.

Dans le Tableau suivant, nous donnons le nombre des intervalles de 15 secondes correspondant aux différentes valeurs du courant, ainsi que les rapports des nombres d'intervalles positifs aux nombres d'intervalles négatifs.

Courants.	Intervalles positifs.	Intervalles négatifs.	Rapports.
Inférieur à $0,1 \times 10^{-13}$ amp : cm²	604	496	1,2
Entre 0,1 et $0,5 \times 10^{-13}$ »	760	491	1,5
Entre 0,5 et $1,0 \times 10^{-13}$ »	311	160	1,9
Entre 1,0 et $2,0 \times 10^{-13}$ »	199	103	1,9
Supérieur à $2,0 \times 10^{-13}$ »	117	61	1,9

On voit que, pour les valeurs du courant plus grandes que

$$0,5 \times 10^{-13} \text{ ampère par centimètre carré,}$$

les courants positifs ont une tendance à devenir relativement plus fréquents qu'ils ne sont en moyenne, et qu'au contraire pour les très faibles courants, la durée des courants positifs l'emporte de peu sur celle des courants négatifs.

L'importance des pluies positives s'exagère encore si l'on prend seulement les très fortes valeurs du courant observées pendant les pluies d'orage. Voici quelques-unes des valeurs trouvées pendant ces pluies :

Date.	Heure.	Amp : cm².	Durée.	Charge par cm³ en u. es.
22 mai	12^h.47^m	$+5,3 \times 10^{-13}$	15^s	0,94
23 mai	12.45	$+7,9 \times 10^{-13}$	56	1,43
12 juillet	19.00	$-4,1 \times 10^{-13}$	40	1,45
12 juillet	19.56	$+5,6 \times 10^{-13}$	93	2,01
29 octobre	22.35	$+7,0 \times 10^{-13}$	68	1,25

La charge électrique par centimètre cube de pluie est calculée d'après les indications du pluviomètre enregistreur.

Nos observations confirment donc celles de G. Simpson à Simla, touchant la prépondérance des pluies positives. Cette confirmation ne saurait cependant donner à cette prédominance, dans le temps et dans l'espace, une généralité qui n'apparaît à l'heure actuelle que comme probable.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 MARS 1911.

Institut de France. Académie des Sciences. *Inauguration de l'Institut océanographique*, le 23 janvier 1911. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. in-4°.

L'Avènement du Métal, par CAMILLE JULLIAN, de l'Institut : Cours d'Histoire et d'Antiquités nationales (1910-1911); Leçon d'ouverture faite au Collège de France, le 17 décembre 1910. (Extr. de la *Revue politique et littéraire*, 28 janvier et 4 février 1911.) Paris, 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Les articulations florales, par HENRI LECOMTE. (Extr. des *Nouvelles Archives du Muséum*, 5e série, t. II, 1910.) Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Mangin.)

L'École de Médecine navale de Toulon, Note historique, par J. REGNAULT. Toulon, Alté, 1911; 1 fasc. in-8°.

La prévision du temps, par A. LABAT. (Extr. du *Journal de la Dordogne*, novembre 1902.) Périgueux, impr. Cassard frères; 1 fasc. in-8°.

La Certitude en Médecine, par A. LABAT. Périgueux, A. Cassard; 1 fasc. in-8°.

Journal de la Société nationale d'Horticulture de France; 4e série, t. XII, février 1911; avec la *Liste générale des Membres de la Société*, au 26 janvier 1911. Paris; 1 fasc. in-8°.

Encyclopédie médicale : Répertoire bibliographique mensuel des publications médicales françaises et étrangères; 1re année, fasc. 1, janvier 1911; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 20 MARS 1911.

Un peu de géométrie à propos de l'intégrale de Poisson, par M. GASTON DARBOUX. (Extr. du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXXIV, décembre 1910.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Sur une méthode de Tissot relative à la construction des Cartes géographiques, par M. GASTON DARBOUX. (Extr. du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXXV, février 1911.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides, par GABRIEL KŒNIGS. (Extr. des *Mémoires des Savants étrangers*, t. XXXV, n° 1.) Paris, Imprimerie nationale, 1910; 1 vol. in-4°.

Les phénomènes thermiques de l'atmosphère, par ÉMILE SCHWOERER. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. P. Appell.)

La Technique moderne. Revue mensuelle illustrée des Sciences appliquées à l'Industrie, au Commerce et à l'Agriculture; Rédacteur en chef : G. BOURREY; t. I (1908-1909), t. II (1910) et Supplément. Paris, H. Dunod et E. Pinat; 3 vol. in-4°. (Présenté par M. P. Appell.)

Histoire de la cochenille au Mexique, par M. LÉON DIGUET. (Extr. du *Journal de la Société des Américanistes de Paris;* nouvelle série, t. VI, 1909.) Paris; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Flore fossile du Trias en Lorraine et Franche-Comté, par M. P. FLICHE, Correspondant de l'Institut, avec des considérations finales par M. R. ZEILLER, Membre de l'Institut; avec 27 planches photographiques hors texte. Paris; Nancy, Berger-Levrault, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Zeiller.)

Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe, von ARNOLD HEIM : Teil I : *Einleitung und Stratigraphie vom Tertiär bis zur mittleren Kreide;* Text und Atlas. (*Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse;* 2e série, livraison XX[1], avec Atlas.) Berne, A. Francke, 1910; 2 vol. in-4°.

Beiträge zur Geologie des Unterengadins : Teil I : *Das Gebiet der Sedimente*, von CHR. TARNUZZER; Teil II : *Die kristallinen Gesteine*, von U. GRUBENMANN. (*Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, 2e série, livraison XXIII.) Berne, A. Francke, 1909; 1 vol. in-4°.

Détermination de l'altitude du mont Huascaran (*Andes du Pérou*), exécutée en 1909, sur la demande de Mme F. BULLOCK-WORKMAN, par la Société générale d'Études et de Travaux topographiques. *Compte rendu de la Mission*. Paris, Henry Barrère, 1911; 1 fasc. in-f°. (Présenté par M. Carpentier.)

Palæontologia indica. Series XV : *Himalayan fossils;* Tome IV : *The fauna of Spiti Shales*, fasc. 3, by VICTOR UHLIG. Calcutta, The Geological Survey of India, 1910; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 27 février 1911.)

Note de M. *Henri Coupin*, Sur la toxicité comparée des essences végétales sur les végétaux supérieurs :

Page 531, ligne 6 en remontant, *au lieu de* il me paraît, *lire* il ne paraît pas.

(Séance du 13 mars 1911.)

Note de M. *A. Chauveau*, Lutte des champs visuels dans le stéréoscope :

Page 664, ligne 29, *au lieu de* centres de projection, *lire* centres de perception.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MARS 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En annonçant à l'Académie le décès de M. *S. Arloing*, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

La mort vient de nous enlever inopinément un de nos savants les plus estimés, M. Arloing, professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon, directeur de l'École vétérinaire de cette ville, Correspondant de l'Académie dans la Section *d'Économie rurale* depuis 1889.

C'est une grande perte pour la science médicale française, qui semblait pouvoir compter sur lui pour longtemps encore.

Brillant élève de notre illustre confrère M. Chauveau, Arloing, après avoir publié avec lui un certain nombre de travaux, devint son principal collaborateur pour le *Traité d'Anatomie comparée des animaux domestiques*.

En Physiologie il fut un maître incontesté. Ses recherches sur le mécanisme de la déglutition chez les Mammifères et les Oiseaux, sur la croissance comparée des végétaux le jour et la nuit, sur l'anesthésie et les anesthésiques, sur la sensibilité récurrente, sur le fonctionnement des pneumogastriques droit et gauche, sur la toxicité de la sueur normale humaine, etc., ont fait progresser à la fois la physiologie générale et la pratique médicale.

C'est à lui que nous devons la première démonstration définitive de l'influence profonde que peuvent exercer les moindres modifications dans les milieux de culture sur le fonctionnement des microbes pathogènes. Il

montra que le microbe de la septicémie puerpérale perd ou gagne sa virulence, alternativement et indéfiniment, suivant qu'on la cultive sur le bouillon de poulet ou sur celui du bœuf.

C'est à lui que nous devons la découverte du singulier bacille héminécrobiophile et du mécanisme de la septicémie gangréneuse. C'est Arloing qui sut distinguer et séparer complètement (évitant ainsi à l'agriculture des hécatombes inutiles et désastreuses) la maladie du *charbon* proprement dit provoquée par le *bacillus anthracis*, et l'affection moins redoutable qu'il a nommée *charbon symptomatique* ou *emphysémateux*. C'est encore lui qui, en 1889, établit que le *bacillus liquefaciens bovis* est bien le microbe essentiel de la péripneumonie des bêtes à corne.

Depuis une dizaine d'années ses préoccupations l'avaient conduit à étudier plus particulièrement les origines, la nature et la prophylaxie de la tuberculose. Il fournit des arguments de poids pour établir l'identité si controversée de son virus chez les divers animaux et chez l'homme. Il montra que l'agglutination des cultures du microbe de Koch, lorsqu'elle est déterminée par le sérum des animaux en observation, permet un diagnostic précoce de la tuberculose commençante. Il s'occupa aussi efficacement de la vaccination antituberculeuse des Bovidés. Le vaccin qu'il sut créer lui fournit plus de deux tiers de cas de succès.

Arloing s'était aussi occupé de recherches relatives à l'hygiène publique : contamination des viandes livrées à la consommation, eaux potables de la ville de Lyon, etc.

D'esprit cultivé, distingué de sa personne, d'apparence un peu froide, bienveillante pourtant, Arloing donnait vite l'impression de sa haute valeur. Tous ses travaux sont marqués au coin de la conscience et de la critique la plus sévère. Sa mort prématurée inspirera au monde savant d'universels regrets.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Fœrster, Président, et M. Blaserna, Secrétaire du *Comité international des Poids et Mesures*, présents à la séance.

M. **G. Darboux** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires intitulés : *Sur la construction des Cartes géographiques* et *Sur un problème posé par Lagrange*.

En présentant le 22[e] *Bulletin chronométrique de l'Observatoire de Besançon*, M. B. **Baillaud** s'exprime en ces termes :

L'année 1909-1910 a confirmé les prévisions du 21[e] *Bulletin*. L'horlogerie bisontine traverse une période féconde où se révèlent le talent de ses artistes et la vive émulation qui anime ses principaux chefs. Cette année, le nombre des dépôts a atteint 1195; il était de 868 en 1907; la qualité des chronomètres n'a cessé, en même temps, de s'améliorer; le premier chronomètre de 1910 obtient un nombre de points supérieur aux records des fabriques voisines.

« Ainsi, écrit M. Lebeuf, la chronométrie à Besançon née chétive et arriérée, à l'égard de ses voisines, s'élève par elle-même, croît en silence, puis, 25 ans après sa création, prend place au soleil au premier rang. »

Assurément c'est une belle émulation qui s'est établie entre les fabriques de Besançon, Genève et Neuchâtel. Elle offrira sans doute des alternances; nous applaudirons aux succès des uns comme à ceux des autres, en toute cordialité.

M. Lebeuf signale l'importance prise par la construction du chronomètre de poche, devenu aujourd'hui le benjamin de l'horlogerie, dont il réalise, après les pendules et les chronomètres de marine, la troisième phase, donnant satisfaction aux besoins de la navigation à vapeur, du télégraphe avec ou sans fil, de la navigation sous-marine, des voyages et des sports. L'Académie des Sciences avait eu, par ses encouragements, une bonne part dans le développement des deux premières phases : aujourd'hui l'Automobile-Club de France, d'autres Associations encore organisent des concours de chronographes.

« L'année 1909-1910, écrit M. Lebeuf, a été particulièrement remarquable à Besançon; elle a été également très bonne dans les centres horlogers de Suisse et d'Angleterre, résultat de la loi de l'offre et de la demande qui régit les relations du public à l'horloger. »

M. Lebeuf, dans son Avant-Propos, laisse entendre quels efforts a imposés aux assistants de l'Observatoire le développement de la fabrique, l'étude des chronomètres et les concours. Si l'on prenait cet Avant-Propos à la lettre, on pourrait oublier le rôle du directeur. Ni le public bisontin, ni les astronomes, ni l'Académie ne sauraient s'y tromper.

MINÉRALOGIE. — *Le cortège filonien des péridotites de la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. A. LACROIX.

Un tiers environ du sol de la Nouvelle-Calédonie est constitué par des péridotites, formées, les unes (*dunites*) presque exclusivement par de l'olivine, les autres (*harzburgites*) par de l'olivine et de la bronzite; toutes contiennent en outre des traces de magnésiochromite. Ce minéral se concentre localement en traînées, en amas; il forme en outre des filons distincts et constitue, sous ces diverses manières d'être, le minerai de chrome qui est l'une des richesses de notre colonie.

Ces péridotites sont très rarement intactes; elles sont toujours plus ou moins serpentinisées; des transformations plus profondes ont permis aux traces de nickel, de cobalt et de manganèse qu'elles renferment de se concentrer en donnant ainsi naissance, par voie secondaire, à des composés hydratés (*nouméite, asbolite*) activement exploités comme minerais de nickel et de cobalt; des oxydes de fer, des minéraux siliceux (*opale, quartz*) ou carbonatés (*giobertite*) sont encore à signaler parmi ces produits de décomposition.

Les massifs péridotiques sont traversés par des filons minces, variant comme épaisseur depuis quelques centimètres jusqu'à plusieurs mètres, de roches qui ont été vues par tous ceux ayant étudié la géologie de l'île, MM. Garnier, Heurteau, Pélatan, Glasser, sans cependant que leur étude ait été entreprise; c'est elle qui fait l'objet de cette Note.

Au point de vue minéralogique, on peut définir toute famille de roches éruptives comme résultant de l'association d'un ou plusieurs éléments blancs et d'un ou plusieurs minéraux colorés; les divers types d'une même famille diffèrent minéralogiquement les uns des autres par les proportions relatives de chacun de ces groupes d'éléments, de telle sorte qu'ils oscillent entre deux pôles, l'un, hololeucocrate, uniquement constitué par les minéraux blancs, et l'autre, holomélanocrate, exclusivement formé par les minéraux colorés. Les roches, qui font l'objet de cette Note, fournissent des exemples remarquables de la continuité possible de ces variations quantitatives; elles sont rendues exceptionnellement frappantes, grâce à une unité de structure (toutes ces roches sont grenues), grâce aussi à une grande simplicité de composition, chacune d'entre elles n'étant formée d'ordinaire que par les minéraux servant à les définir, sans aucune substance accessoire. On n'y rencontre notamment ni minerai, ni apatite.

Les éléments constitutifs sont des plagioclases basiques, généralement non zonés, oscillant du labrador basique à l'anorthite presque pure. Quant aux minéraux colorés, ce sont de la bronzite, du diopside, de la hornblende et quelquefois de l'olivine. La considération de la composition chimique conduit à réunir toutes ces roches en deux séries, une série gabbroïque et une dioritique qui toutes deux convergent vers des anorthosites.

Il y a lieu de considérer en outre une troisième série essentiellement constituée par de la magnésiochromite : elle paraît se rattacher à la première.

Série gabbroïque. — Minéralogiquement, on doit distinguer des norites et des gabbros.

Les *norites* sont à grands éléments, de 1^{cm} à 2^{cm} de diamètre; leur bronzite est d'un jaune brunâtre dans les types très feldspathiques; le feldspath est une anorthite. Le terme holomélanocrate de la famille est une *bronzitite*, d'un gris de fumée, dans laquelle la bronzite n'est accompagnée que par une petite quantité de diopside.

Les *gabbros* se rapportent à deux types : dans le premier, qui est à gros grains, la composition est assez uniforme, l'anorthite (ou la bytounite) et le diopside vert clair se distinguent nettement l'un de l'autre.

Dans le second au contraire, par suite de la petitesse du grain, ces deux minéraux ne se distinguent plus aussi facilement l'un de l'autre au premier abord, et la roche est uniformément colorée en vert pomme clair par le diopside, qui est chromifère. En outre, la composition d'un même filon est souvent hétérogène; certaines portions, riches en pyroxène, sont d'un vert vif, alors que dans d'autres, par suite de la prédominance du plagioclase, la roche est blanche et passe à l'anorthosite. L'examen microscopique montre, en outre des éléments précités, un peu d'olivine et de bronzite. Ce dernier minéral forme d'ordinaire une fine bordure au diopside riche en magnésie ($2V = 48°$ à $50°$ environ), qui présente des plans de séparation et des macles très répétées suivant $h^1(100)$ et $p(001)$. La structure est granulitique, mais avec parfois une tendance pour le pyroxène à envelopper partiellement les grains isométriques de feldspath. Cette structure rappelle celle de la beerbachite.

La composition minéralogique, tout aussi bien que la composition chimique donnée plus loin, éloigne ce gabbro des types connus; je le désigne sous le nom de *ouénite*, du nom de son principal gisement, l'île Ouen. Cette roche et ses modifications par dynamométamorphisme ont été utilisées autrefois par les Canaques pour la fabrication de quelques-unes de

ces belles haches translucides sur les bords, dont la matière a été improprement désignée sous le nom de jade océanien ([1]).

J'ai observé une pyroxénolite à grands éléments de diopside vert foncé ferrifère et de bronzite; mais, par sa richesse en fer et ses autres caractères chimiques, elle doit être rapportée à la série dioritique plutôt qu'à la gabbroïque.

Série dioritique. — C'est surtout dans cette famille que j'ai observé des passages ménagés entre l'anorthosite et le type holomélanocrate, qui est une *hornblendite.* Le plagioclase est en moyenne un peu moins basique que dans la série précédente; l'amphibole est une hornblende noire ou d'un brun vert voisine de la sorétite.

Les diorites à feldspath dominant viennent de Thio, de Nakéty, de la baie N'go, les types mélanocrates de Nakéty, du mont Koghi, de la baie des pirogues (dans les roches de cette dernière localité il existe parfois de la prehnite secondaire). Un échantillon provenant du mont Koghi, renferme des labradors basiques zonés et un peu de quartz; il est très déformé par actions mécaniques. Je noterai enfin l'existence de la bronzite dans certaines hornblendites un peu feldspathiques.

Magnésiochromitites. — Souvent les filons, aussi bien que les ségrégations chromifères, sont uniquement constitués par la magnésiochromite et traversés par de fines veinules d'ouwarowite. Cependant, dans quelques gisements, on voit apparaître du diopside chromifère et de la bronzite en grandes plages de plusieurs centimètres; elles englobent presque toujours pœcilitiquement des octaèdres de magnésiochromite, et c'est le seul cas dans lequel ce minéral existe en cristaux distincts. Au milieu de la magnésiochromite compacte, ou formant avec elle des filonnets mixtes, dont ils occupent le centre, s'observent parfois des anorthosites ou des gabbros noritiques à grands éléments passant insensiblement à des pyroxénolites. L'altération du feldspath de ces roches contraste avec la fraîcheur de celui des roches précédentes; il devient mat, il se transforme en une argile colloïde, alors que les éléments colorés fournissent du talc vert pâle. L'existence de ces roches feldspathiques explique la présence dans les fissures de

([1]) Il existe aussi de belles haches canaques en jade (néphrite), d'un vert poireau plus ou moins clair; si elles ont été fabriquées avec des roches extraites de gisements calédoniens, il n'est pas impossible qu'elles résultent de la transformation de quelques-unes des roches décrites dans cette Note. Mais c'est là une question que je ne discute pas pour l'instant.

la magnésiochromite et dans les argiles ferrugineuses superficielles de concrétions stalactiformes, fibreuses, d'hydrargillite.

La composition chimique de la dunite est fournie par une ancienne analyse de Ch. Friedel : SiO^2, 37,99; FeO, 10,49; MgO, 48,41; H^2O, 3,30 = 100,19. La harburgite en diffère par quelques unités pour 100 de silice en plus et par l'existence d'une très faible quantité de chaux et d'alumine. Les analyses suivantes ont été faites par M. Boiteau sur les échantillons que j'ai étudiés minéralogiquement.

Série gabbroïque.

	Bronzitite.	Norite.	Ouénite.	Anorthosite.
SiO^2	54,64	50,47	46,81	45,73
Al^2O^3	2,52	14,92	19,25	33,54
Cr^2O^3	»	»	0,21	»
Fe^2O^3	2,10	1,33	»	0,11
FeO	6,76	5,10	1,85	0,47
MnO	0,25	0,12	»	»
MgO	30,01	17,69	14,23	0,29
CaO	2,51	9,07	16,80	17,67
Na^2O	0,18	0,75	0,57	1,30
K^2O	0,15	0,18	0,13	0,14
TiO^2	0,75	0,14	»	0,02
P^2O^5	0,04	0,02	»	0,03
Perte au feu	0,58	0,92	1,00	0,80
	100,49	100,71	100,85	100,10

	Maricose [V.1(1).1(1).1].	(Ouénose) (¹) [III.5.5.4-5].		(Calédonose) [I.5.5.4-5].
x	92	55	45	2
φ (²)	7,7	6,2	13,6	1,1
$\frac{K^2O}{Na^2O}$	0,66	0,16	0,10	0,05
$\frac{Na^2O + K^2O}{(CaO)'}$	0,46	0,11	0,06	0,02
An pour 100	»	83	89	88

(¹) Je désigne par φ le rapport de la silice des éléments blancs à la somme des alcalis. C'est donc l'équivalent du Φ de M. Michel-Lévy, mais déduit des proportions moléculaires et non des nombres en poids; il en est de même des autres paramètres donnés ci-contre.

(²) Les noms entre parenthèses sont ceux des types non nommés dans la classification chimico-minéralogique; ils ont été tirés du nom de la localité d'où provient l'échantillon analysé : Ile Ouen, Thio, Nakéty, M. Koghi et enfin de celui de la Nouvelle-Calédonie.

Série dioritique.

	Diallagite.	Hornblendite.	Diorites quartzif.	Diorites mésoc.	Diorites leucoc.
SiO^2	49,78	43,51	56,63	45,29	48,25
Al^2O^3	5,35	9,82	9,70	22,69	27,68
Fe^2O^3	3,65	6,32	1,44	2,76	0,31
FeO	8,88	9,62	7,66	5,56	1,38
MnO	0,18	0,21	0,30	0,08	0,06
MgO	17,89	14,97	11,52	5,75	3,76
CaO	11,98	11,83	9,22	11,95	13.15
Na^2O	0,90	1,30	1,42	2,84	3,08
K^2O	0,17	0,25	0,15	0,52	0,20
TiO^2	0,58	1,02	0,37	0,75	0,22
P^2O^5	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
Perte au feu	1,10	0,64	0,87	1,47	1,64
	100,48	99,52	99,31	99,69	99,75

	(Thiose) [IV.1(2).1(2).2].	(Nakétose) [IV.2(3).1(3).2].	(Koghose) [III.4.4.4-5].	Hessose [II.5.4.4-5].	Labradorose [I.5.4.4-5].
x	81	66	55	27	11
φ	10,1	12,9	19	11,9	14,0
$\frac{K^2O}{Na^2O}$	0,13	0,09	0,05	0,11	0,04
$\frac{K^2O + Na^2O}{(CaO)'}$	0,48	0,33	0,33	0,28	0,24
An pour 100	»	»	61	71	71

Les paramètres donnés ci-contre précisent les caractères propres à chacune des deux séries. J'ai classé les analyses dans l'ordre décroissant de leur teneur en éléments ferromagnésiens calculés (x), ce qui met en lumière quelques caractéristiques différentielles de ces gabbros et de ces diorites. On voit que dans les premiers la silice décroît en même temps que l'alumine et la chaux, alors que le fer et la magnésie varient en sens inverse. La série est très pauvre en alcalis; c'est elle qui renferme les feldspaths les plus basiques, ce qui contribue avec la nature du minéral ferromagnésien à faire comprendre pourquoi, à l'inverse de ce qui se produit généralement dans les familles pétrographiques, les termes non feldspathiques ou les moins feldspathiques sont les plus riches en silice.

Dans la série dioritique, la silice varie d'une façon indépendante ; l'alumine et les alcalis croissent avec la teneur en feldspaths, mais la chaux ne

subit que de faibles fluctuations, à l'inverse de ce qui a été observé dans la série précédente; cela explique le caractère minéralogique différentiel d'avec celle-ci, le remplacement d'un métasilicate ferromagnésien calcique par un pyroxène exclusivement ferromagnésien.

Il est intéressant de remarquer que parmi les roches actuellement connues, celles qui se rapprochent le plus de l'ouénite, au point de vue chimique et qui d'ailleurs se rangent dans le même groupe chimico-minéralogique, sont celles que j'ai appelées *ariégites;* elles se trouvent en filons ou en traînées dans la lherzolite de l'Ariège et ont une composition *minéralogique* toute différente : diopside, bronzite, spinelle, avec ou sans hornblende et grenat; elles sont normalement dépourvues de feldspaths, mais ces minéraux y apparaissent parfois dans des kélyphites secondaires.

Il me reste à signaler l'intensité des déformations mécaniques subies par toutes les roches filoniennes étudiées dans cette Note. Elles débutent par des phénomènes de torsion surtout visibles dans la bronzite et l'amphibole, par la production de macles et de plans de séparation secondaires dans les deux pyroxènes. La structure cataclastique apparaît ensuite; elle est limitée d'abord à la bordure des divers éléments; elle s'étend ensuite à tout ou partie de la roche, donnant naissance (surtout dans les diorites) à une structure pseudoporphyrique.

Ces déformations présentent leur maximum dans l'ouénite, qui est transformée en une roche schisteuse hétérogène, le plus souvent rubanée irrégulièrement avec zones d'un blanc laiteux ou vert pomme, en relation avec l'hétérogénéité originelle. L'anorthite est finement granulée, mais non transformée, le pyroxène et le péridot sont remplacés par de la smaragdite aciculaire orientée; enfin, dans quelques échantillons d'anorthosite apparaissent des rhombododécaèdres d'ouwarowite avec macles du type pyrénéite.

L'analyse suivante d'une de ces roches schisteuses (SiO^2, 48,30; Al^2O^3, 19,41; Cr^2O^3, 0,08; FeO, 0,88; MgO, 11,35; CaO, 16,20; Na^2O, 1,10; K^2O, 0,27; perte au feu, 2,10; soit 99,89), comparée à celle de la roche intacte donnée plus haut, surtout si l'on tient compte des petites variations de composition existant d'un échantillon à l'autre [1], montre que ces

[1] L'anorthite de ces gabbros déformés, aussi bien que celle des types normaux, présente souvent une altération en un minéral hydraté probablement nouveau (zéolite), très attaquable par les acides, que je n'ai pu isoler. Chaque grain feldspathique est remplacé par des fibres à orientation uniforme, à extinction parallèle à l'allongement,

transformations structurelle et minéralogique ne sont pas accompagnées de modifications chimiques notables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pertes d'azote au cours de l'épuration de l'eau d'égout par les lits bactériens.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Dans des recherches antérieures ([1]), nous avons signalé les pertes considérables d'azote qui se produisent au cours de l'épuration des eaux d'égout sur les lits bactériens. Ces pertes sont en moyenne de 50 à 60 pour 100, et s'élèvent souvent à 70 pour 100.

Ayant toujours exprimé les diverses formes de l'azote en azote élémentaire, ces faits ressortent clairement de la comparaison entre les quantités préexistantes et les quantités finales.

D'autres observateurs, qui ont l'habitude de formuler l'azote nitrique en acide nitrique ou en nitrates, l'azote ammoniacal en ammoniaque, se trouvant ainsi en présence de chiffres non comparables, ne pouvaient pas à première vue être frappés des différences énormes qui existent entre les eaux résiduaires à l'entrée et à la sortie.

Quelle est la cause de ces pertes et quelles sont les formes de l'azote sous lesquelles elles se produisent? C'est à la solution de ce problème que nous avons consacré la présente étude.

Déjà, nous avons montré qu'il existe une corrélation très nette entre la proportion de la matière organique présente dans l'eau d'égout et la déperdition de l'azote. Les exemples suivants, dans lesquels les quantités d'azote sont exprimées en centièmes de l'azote total préexistant, font ressortir cette corrélation.

Azote		
ammoniacal.	organique.	perdu.
61,0	39,0	67,2
66,3	33,7	57,4
73,6	26,4	37,8
84,4	15,6	27,9

qui est de signe variable par suite de la transversabilité du plan des axes optiques; l'angle de ceux-ci est extrêmement faible autour de la bissectrice aiguë qui est positive. La biréfringence est sensiblement la même que celle de l'anorthite; la réfringence moyenne un peu inférieure à celle du baume.

([1]) *Comptes rendus*, t. 146, p. 53.

Lorsque la matière organique est absente, et que tout l'azote se trouve à l'état de sel ammoniacal, la perte d'azote est nulle ou insensible, comme nous l'avons constaté dans nos expériences de nitrification intensive [1].

C'est donc bien à la présence de la matière organique qu'il y a lieu d'attribuer l'élimination de l'azote à l'état gazeux. Comme cette matière carbonée est, au cours de l'épuration, éliminée elle-même en majeure partie par sa transformation en acide carbonique, nous sommes portés à croire qu'il s'agit ici d'un phénomène de combustion, en tout comparable, comme résultat, à celui de la combustion ignée où, de même, le carbone s'élimine à l'état d'acide carbonique et l'azote à l'état libre. La plupart des micro-organismes qui opèrent la destruction de la matière organique agissent de cette manière; sur les lits bactériens, ils sont présents en grand nombre, bacilles et moisissures, et il n'y a pas lieu de s'étonner de les voir remplir leur fonction habituelle dans un milieu largement aéré. On a une trop grande tendance à attribuer aux organismes nitrifiants une action prépondérante, sinon exclusive, dans le processus de l'épuration. Quand ils opèrent isolément, il ne donnent pas naissance à un dégagement d'azote libre, ce qui montre bien qu'ils ne sont pas seuls à produire l'épuration.

Pour attribuer, dans le milieu vivant complexe que forme l'eau d'égout au contact de l'air, leur part à ces deux ordres d'organismes, ceux de la combustion proprement dite et ceux de l'oxydation de l'azote, nous n'avons qu'à mettre en regard les quantités d'azote libre produit par les premiers et les quantités d'azote nitrifié sous l'influence des seconds. Nous voyons ainsi que l'eau d'égout a donné naissance en moyenne, après son passage sur les lits bactériens, pour 100 de l'azote préexistant, à

Azote nitrifié.	Azote gazeux.
30 à 35	55 à 60,0

Au point de vue de la destruction de la matière azotée, qui est l'élément de pollution le plus à redouter, c'est donc l'action des vulgaires agents de combustion qui est la plus efficace.

Mais il pourrait arriver que le phénomène ne fût pas aussi simple qu'il nous apparaît au premier abord, que le dégagement de l'azote gazeux ne fût pas le résultat d'une combustion directe, mais celui d'une réduction de nitrates formés et qu'il y eût ainsi une succession d'effets aboutissant au fait constaté.

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XI.

On sait, en effet, que les nitrates sont réduits, soit en nitrites, soit en bioxyde et protoxyde d'azote, soit en azote libre, quelquefois même en ammoniaque.

Le plus souvent, c'est le manque d'oxygène libre qui est la cause déterminante de ces réductions, dues à des micro-organismes qui empruntent aux composés oxygénés de l'azote, et même à l'eau, l'oxygène dont ils ont besoin. Mais, dans certains cas, et sous l'influence d'organismes spéciaux, tels que le *bacillus subtilis*, ces faits de réduction se produisent aussi, quoique avec une intensité moindre, en présence d'oxygène. Si, dans les fosses septiques, l'oxygène fait entièrement défaut à peu de millimètres au-dessous de la surface en contact avec l'air, dans les lits bactériens, au contraire, il est en quantité presque illimitée, en regard des besoins de la combustion totale des matériaux de l'eau d'égout.

Nous avons donc été conduits à chercher s'il y avait, au cours de l'épuration biologique, une réduction du nitrate formé dans la première phase des phénomènes d'oxydation.

On sait que sur les lits bactériens, les liquides à épurer cheminent rapidement sur des matériaux à grande surface, qui servent de support aux micro-organismes et permettent, en même temps, un large contact avec l'air. Ces liquides ne séjournent donc pas; ils se déplacent graduellement et méthodiquement.

Pour résoudre la question de la réduction des nitrates formés, nous avons établi un lit bactérien constitué par la tourbe et doué d'une grande énergie épurante. Après avoir déterminé, dans une série continue, quelle était l'allure du système, spécialement au point de vue des transformations et des pertes de l'azote, nous avons ajouté à l'eau d'égout, au moment même où elle se déversait sur le lit bactérien, une petite quantité de nitrate de potasse rigoureusement connue et uniformément diluée dans toute la masse. L'examen des liquides, à la sortie des appareils, permettait de voir si une dénitrification pouvait se produire.

De l'eau d'égout, soigneusement analysée à chaque prise journalière dans l'égout collecteur, a été déversée, à raison de 1500^{l} par jour et par mètre carré de surface, sur un lit bactérien de tourbe en pleine activité. Lorsqu'un régime régulier d'épuration a été établi, nous avons déterminé les proportions d'azote nitrifié pour 100 de l'azote ammoniacal et organique préexistants; puis, continuant cette même marche, nous avons déversé goutte à goutte dans l'eau d'égout, au moment même où elle tombait sur le lit bactérien, une solution rigoureusement titrée de nitrate de potasse. Nous

savions donc quelle quantité d'azote nitrique se formait aux dépens de l'eau d'égout elle-même et quelle quantité d'azote nitrique nous y avions ajoutée.

Si une action réductrice devait se produire, elle se serait étendue, non seulement au nitrate formé par les éléments de l'eau d'égout, mais aussi à celui qui y aurait été introduit. Si, au contraire, les disparitions d'azote n'étaient pas attribuables à des phénomènes de réduction, mais à une combustion directe des matériaux azotés de l'eau d'égout, nous devions retrouver dans son intégralité le nitrate ajouté.

Du 5 au 19 juillet, on a opéré sur l'eau d'égout seule, afin de déterminer son régime. Les résultats moyens ont été les suivants, par litre :

	Azote		
	ammoniacal.	organique.	nitrique.
Avant l'épuration........	$24^{mg},34$	$7^{mg},71$	0^{mg}
Après l'épuration........	0^{mg}	$2^{mg},39$	$10^{mg},44$

Sur 100 d'azote apporté par l'eau d'égout, on a retrouvé, dans le liquide épuré, 40,06, dont 32 d'azote nitrique. La perte d'azote a donc été de 59,94 pour 100. A partir du 19 juillet, il a été déversé dans l'eau d'égout $31^{mg},5$ d'azote nitrique, sous forme de nitrate de potasse, par litre d'eau d'égout. On n'a pas recueilli immédiatement les eaux épurées, afin que le lit bactérien fût entièrement purgé des liquides qui l'imprégnaient. C'est du 4 au 15 août que les liquides additionnés de nitrate ont été recueillis. On a obtenu les résultats moyens suivants, par litre :

	Azote		
	ammoniacal.	organique.	nitrique.
Avant l'épuration........	$34^{mg},59$	$9^{mg},08$	$31^{mg},50$
Après l'épuration........	0^{mg}	$2^{mg},66$	$41^{mg},62$

Nous admettons que l'eau d'égout s'est comportée comme dans l'opération précédente et comme d'ailleurs dans les nombreuses observations que nous avons faites à ce sujet; nous pouvons alors établir le calcul suivant :

	Avant l'épuration.	Après l'épuration.
	mg	mg
Azote ammoniacal et organique, par litre...	43,67	2,66
Azote nitrique..........................	31,50	41,62
Azote total.............................	75,17	44,28

Les $43^{mg},67$ d'azote de l'eau d'égout naturelle devaient perdre à raison

de 59,94 pour 100 constatés précédemment, $26^{mg},076$. On devait donc retrouver $17^{mg},5$ d'azote provenant de l'eau d'égout, plus $31^{mg},5$ provenant du nitrate ajouté, soit $49^{mg},0$. On n'en a retrouvé que $44^{mg},3$, soit une perte de $4^{mg},7$ attribuable à une réduction du nitrate ajouté, soit 14,9 d'azote disparu par 100 de nitrate ajouté.

Une expérience similaire, mais effectuée sur une eau d'égout sensiblement plus chargée de matières organiques, a donné une déperdition de 23,5 pour 100 de l'azote nitrique ajouté.

Ces résultats montrent qu'il y a effectivement, dans la colonne épuratrice et malgré l'aération, une réduction sensible des nitrates formés et, de ce chef, une perte d'azote, bien inférieure cependant à celle qui résulte de la combustion directe des matières organiques et de l'ammoniaque ellemême.

Cette réduction est d'autant plus énergique que la matière carbonée est plus abondante.

Dans aucun cas l'azote des nitrates n'a été employé à former de la matière organique ni de l'ammoniaque. Les micro-organismes se sont donc bornés à emprunter à l'acide azotique son oxygène, sans en utiliser l'azote, et cette réduction est intégrale de premier abord, car on ne constate pas le passage par l'état de nitrites.

Lorsque, au contraire, on opère à l'abri de l'air, on constate d'abord une formation de nitrites, surtout lorsque la température est peu élevée. Les gaz dégagés contiennent un peu d'acide carbonique et de formène : mais beaucoup d'azote avec une faible quantité de protoxyde d'azote. En établissant le bilan, on retrouve intégralement, à l'état gazeux, l'azote que l'eau d'égout avait perdu.

Ces recherches montrent par quel processus s'effectuent les pertes considérables d'azote que nous avons constatées au cours de l'épuration des eaux d'égout sur les lits bactériens.

GÉOLOGIE. — *Sur les mylonites de l'île d'Elbe.* Note de M. Pierre Termier.

J'ai signalé ici même [1], il y a deux ans, l'existence, dans la partie orientale de l'île d'Elbe, d'un étage géologique où abondent les roches

[1] P. Termier, *Sur les granites, les gneiss et les porphyres écrasés de l'île d'Elbe* (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1441).

écrasées et laminées : et j'ai appelé ces roches écrasées et laminées *mylonites*, pour me servir d'un mot créé en 1885 par M. Lapworth, appliqué par ce géologue aux roches écrasées des charriages d'Écosse et passé depuis longtemps dans la nomenclature géologique universelle. Les mylonites elbaines sont faites aux dépens de granite, de microgranite et de gneiss : elles avaient échappé à l'attention de mes prédécesseurs ; et, sur l'excellente Carte de M. B. Lotti, qui date de 1884, elles sont englobées, pêle-mêle avec des gneiss et des micaschistes authentiques, peu ou point laminés, sous un symbole pr^1 qui signifie *gneiss présiluriens*. Cette découverte de phénomènes d'écrasement très généralisés et très intenses a été, pour moi, le point de départ d'une nouvelle interprétation de la structure de l'île d'Elbe : et la théorie nouvelle, qui s'appuie d'ailleurs sur d'autres faits, ne va à rien moins qu'au changement complet de toute la tectonique apennine. On pouvait donc s'attendre, de la part des géologues italiens, à quelques objections et à une certaine résistance. A la suite d'une réunion de la Société géologique italienne à Portoferraio, en septembre 1910, objections et résistance ont pris corps dans trois Notes de courtoise polémique, signées, respectivement, par MM. Lotti, V. Novarese et P. Aloisi. J'ai répondu ailleurs à M. Lotti. Je veux répondre aujourd'hui aux Notes, purement pétrographiques, de MM. Novarese (1) et Aloisi (2) qui contestent, de la façon la plus formelle, l'existence des mylonites à l'île d'Elbe.

Ce désaccord n'a rien qui doive surprendre. Il est dans l'essence même des mylonites d'être des roches singulières, troublantes, de définition et de description peu précises, prêtant, par conséquent, à la discussion. Les unes ressemblent à des gneiss ; les autres paraissent très décomposées, et alors, la première fois qu'on les rencontre, on les néglige par une inconsciente systématisation, comme des types aberrants, douteux, et sans intérêt. Confusion avec des gneiss, pour les unes ; et, pour les autres, confusion avec des roches décomposées qui ne valent pas la peine d'être recueillies et étudiées : tel sera, dans la plupart des cas, le résultat de la première rencontre d'un géologue, d'un pétrographe même, avec les mylonites. Et c'est ce qui semble être arrivé à mes contradicteurs.

---

(1) V. NOVARESE, *Il presunto piano milonitico dell' isola d'Elba* (*Bollett. del R. Comit. geolog. d'Italia*, t. XLI, fascic. 3, 1910).

(2) P. ALOISI, *Le così dette miloniti dell' isola d'Elba* (*Atti della Soc. toscana di Scienze naturali*, Pisa : *Mem.*, t. XXVII, 1910).

J'avais signalé (¹), comme particulièrement riches en mylonites, les trois régions suivantes où affleure l'étage pr^1 de M. Lotti : la plage de l'Ortano, et la côte entre cette plage et Rio-Marina ; la rive droite de la Valdana, entre le point 20 de la carte et la plage du Lido ; les environs immédiats de Porto Longone. Ni M. Novarese, ni M. Aloisi n'ont vu l'Ortano : je ne parlerai donc pas de cette première région de mylonites. Au sujet des environs de Porto Longone, M. Novarese, qui avoue ne les avoir pas explorés, en appelle purement et simplement au témoignage de M. Aloisi ; mais tous deux ont visité la Valdana, et, s'ils ne s'accordent pas entièrement sur la détermination des roches en question, ils affirment l'un et l'autre que ces roches ne peuvent pas être le produit du laminage des microgranites elbains. Voyons de près les arguments.

Aux environs de Porto Longone, M. Aloisi, qui a étudié attentivement les diverses roches granitiques de l'étage pr^1 et qui a décrit ces roches dans un Mémoire (²) paru au moment même où je signalais l'existence des mylonites, M. Aloisi déclare n'avoir rien vu des phénomènes d'écrasement intense signalés dans ma première Note de 1909. Il n'a observé dans cette région que du granite, des aplites à tourmaline, et des schistes, d'âge inconnu, probablement primaires, qui deviennent métamorphiques au contact des amas et des filons granitiques. Le granite et les aplites sont identiques au granite et aux aplites de la partie occidentale de l'île : conclusion déjà formulée par M. Lotti et, longtemps après, par moi. Ces roches sont donc, très probablement, d'âge éocène. Le métamorphisme de contact développé par cette venue granitique dans les schistes encaissants a donné à ceux-ci du mica noir, du mica blanc, du feldspath et de l'andalousite. Granite et aplites ont souvent une structure cataclastique ; mais aucun des échantillons rapportés par M. Aloisi ne ressemble aux roches *en purée* que j'ai moi-même décrites.

Cela tient, tout simplement, à l'une des confusions dont j'ai parlé plus haut. Les roches *en purée* ont été systématiquement écartées par M. Aloisi comme étant décomposées et, par conséquent, sans intérêt. Un passage de sa Note où il parle incidemment, et sans y insister, d'un échantillon de *schiste* récolté aux premières maisons de Longone, schiste où il a cru voir

---

(¹) P. Termier, *loc. cit.*, et *Sur la tectonique de l'île d'Elbe* (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. X, 1910, p. 137).

(²) P. Aloisi, *Rocche granitiche negli scisti della parte orientale dell'isola d'Elba* (*Atti della Soc. toscana di Scienze nat.*, Pisa : *Mem.*, t. XXVI, 1910).

de la cordiérite altérée, est, à cet égard, tout à fait démonstratif. Ce prétendu schiste est sûrement une mylonite.

Je tiens à la disposition de mon collègue de nombreux échantillons des mylonites de Longone, recueillis, les uns près de l'entrée ouest du village, les autres dans la colline qui porte le fort ou sur le plateau qui s'étend entre le fort et la route de Rio-Marina. Ces roches ont pour caractères communs : l'apparence de roche décomposée; l'absence du mica noir; la couleur brunâtre, verdâtre, noirâtre ou rouillée ; l'évidente *inhomogénéité;* enfin, au microscope, la *structure bréchiforme*. J'insiste sur ce dernier caractère. Des fragments inégaux, les uns arrondis, les autres anguleux, de quartz, de feldspath, de tourmaline, de schiste quartzeux, d'aplite, sont dispersés, chaotiquement, dans une pâte souillée et sombre. Il y a parfois, çà et là, une fluidalité grossière. La couleur de la pâte varie à chaque instant; elle varie même dans une préparation microscopique. Le fond de la pâte est, le plus souvent, une argile ou un mélange d'argile et de chlorite. D'innombrables fissures traversent la brèche, remplies, les unes de limonite, les autres de séricite secondaire, quelques-unes de quartz, quelques-unes enfin d'un minéral brun, fibreux, polychroïque et biréfringent, qui est sans doute un silicate hydraté de fer.

S'il n'y avait que de rares apparitions de ces types chaotiques et bréchiformes, on pourrait, sinon les négliger tout à fait, du moins contester leur intérêt *géologique*. Mais ces types *abondent* tout autour de Longone; sur beaucoup de points, ils forment plus de la moitié de la masse totale des affleurements; ils se mélangent aux roches intactes, ou presque intactes, décrites par M. Aloisi : et c'est là le phénomène géologique qu'on n'a pas le droit de ne pas voir et de ne pas étudier. Les roches singulières de Longone ne sont pas des roches décomposées; elles sont, avant tout, des roches écrasées, où les actions secondaires ont été grandement facilitées par l'écrasement. Je demande qu'on les étudie. On verra alors qu'elles sont, malgré leur diversité apparente, fort semblables entre elles; qu'elles ressemblent parfaitement aux mylonites de la Corse orientale, à celles des environs de Saint-Étienne, à celles de la Laponie suédoise; on y reconnaîtra avec moi des produits du broyage du granite, de l'aplite, des schistes et des gneiss de l'étage pr^1.

Je viens aux rochers de la Valdana, roches schisteuses blanches, d'aspect gneissique. Pour M. Aloisi, qui les a décrites dans son premier Mémoire, ce sont de simples schistes cristallins; pour M. Novarese, ce sont des *porphyroïdes*, et il veut dire par là des produits de la transformation, par voie de métamorphisme, d'une lave rhyolitique ou d'un tuf de rhyolite. La composition de ces roches, d'après deux analyses de M. Aloisi, est celle d'un granite alcalin où la potasse l'emporte largement sur la soude (K^2O

est à Na^2O comme 4 est à 1); tandis que, dans les microgranites éocènes de l'île d'Elbe, la soude l'emporte sur la potasse, Na^2O étant à K^2O comme 2 est à 1. Et cette raison semble, à mes contradicteurs, absolument décisive : même si la roche de la Valdana est une roche laminée, elle n'est pas, disent-ils, le résultat du laminage d'un microgranite éocène, puisque, d'après sa composition, elle se rapporte à un magma granitique tout à fait différent.

Que la roche de la Valdana soit un porphyroïde, cela n'est pas contestable, et je suis, sur ce point, entièrement d'accord avec M. Novarese. L'abondance des phénocristaux de quartz et de feldspath, la corrosion caractéristique des cristaux de quartz ne laissent place à aucun doute. D'autre part, le laminage n'est pas moins certain, puisque les phénocristaux sont tronçonnés, fragmentés et dispersés. Nous avons donc affaire à une roche quelque peu laminée, de nature granitique, comme le prouve d'ailleurs sa composition chimique : et toute la question est de savoir à quelles actions est due la cristallisation de la masse schisteuse qui entoure les phénocristaux. C'est l'habituelle discussion sur le sens du mot *porphyroïde*. Je demande, avant tout, à mes deux contradicteurs, de se renseigner sur la difficile question des porphyroïdes en lisant le très important Mémoire publié récemment à ce sujet par M. Jacques de Lapparent [1]. Les porphyroïdes sont tous des roches à développement *secondaire* de séricite; *tous, par conséquent, ont subi des actions chimiques secondaires*. Comparer leur composition chimique actuelle avec la composition chimique d'une roche intacte, sans aucun essai d'interprétation, sans aucune discussion, sans aucune réserve, est une faute qu'un pétrographe avisé ne doit pas commettre. Dans la plupart des porphyroïdes, la potasse de la séricite secondaire provient de la dissolution du feldspath potassique, et cette séricite épigénise le feldspath sodique, qui est souvent presque entièrement, ou même entièrement détruit. Le rapport de la potasse à la soude change ainsi, graduellement, au fur et à mesure de la transformation; et l'on peut voir tel porphyroïde, où la potasse est aujourd'hui très prédominante, et qui dérive évidemment d'un magma granitique où la soude l'emportait largement sur la potasse.

C'est ce qui arrive à l'île d'Elbe. Les microgranites éocènes sont, quand ils sont frais, plus sodiques que potassiques. Mais ils sont très altérables, surtout dans leurs variétés porphyriques, les variétés euritiques résistant au contraire beaucoup mieux aux actions secondaires. Le laminage facilite naturellement ces actions, en facilitant la circulation des eaux : et il se forme ainsi des roches schisteuses, laminées, à phénocristaux encore visibles, où la pâte ne montre plus que quartz et séricite, celle-ci s'alignant parallèlement au laminage. Le plagioclase de la pâte a disparu; quelques plagioclases du premier temps de consolidation sont encore visibles, et ils sont remplis de séricite. Dans la Valdana, cette transformation est presque complète; mais à l'Or-

---

(1) J. de Lapparent, *Étude comparative de quelques porphyroïdes françaises* (*Bulletin de la Société française de Minéralogie*, t. XXXII, 1909, p. 174-304).

tano, comme je l'ai dit, on observe tous les passages entre des microgranites laminés où la pâte est encore feldspathique et des sortes de porphyroïdes, ou de *faux gneiss*, où la pâte ressemble à un micaschiste.

La roche de la Valdana est d'ailleurs assez variable, quand on la suit depuis le point 20 jusqu'au Lido ; et l'on comprend ainsi la différence des descriptions de MM. Novarese et Aloisi. Certains types sont riches en phénocristaux; d'autres, très pauvres, sans doute parce qu'ils proviennent du laminage et de la transformation d'une roche euritique. Pareilles variations s'observent dans tous les porphyres laminés, notamment dans ceux de la Windgälle et les autres porphyres des Alpes suisses. Il est probable que si l'on analysait ces divers types de la Valdana, et quelques types de l'Ortano, et enfin quelques échantillons, inégalement frais, de microgranite et d'eurite éocènes, on verrait le rapport de la potasse à la soude varier de 4, ou même de 5, à 0,5, les autres caractéristiques chimiques variant parallèlement, mais beaucoup moins.

Je persiste donc dans ma conclusion. Les roches blanches de la Valdana sont le produit du laminage et, après laminage, de la transformation chimique, par simple circulation des eaux, des microgranites éocènes. Ce sont, si l'on veut, des porphyroïdes, mais des porphyroïdes par laminage : car je crois volontiers, avec M. J. de Lapparent, qu'il peut y avoir d'autres porphyroïdes.

Ces roches blanches, d'après M. Aloisi, forment, non seulement la rive droite de la Valdana, mais aussi le promontoire entre Valdana et Mar di Cervisi que j'avais dit être composé de gneiss. C'est bien possible, encore que je me souvienne d'avoir vu de véritables gneiss, *à mica noir*, à la base de ce promontoire : mais cela n'a pas d'importance. De vrais gneiss à mica noir, entièrement différents des roches de la Valdana, et peu ou point laminés, s'observent, çà et là, près de Longone, et surtout sur les côtes nord et est de la presqu'île de la Calamita. Ils supportent les micaschistes de cette presqu'île : et il y a là un système cristallophyllien, d'âge inconnu, qui se distingue aisément des mylonites, sauf sur quelques points, notamment près de Longone, où il est lui-même mylonitisé.

M. **J. Carpentier** présente à l'Académie un instrument, le *tensionmètre*, imaginé par M. Largier pour mesurer la traction que subissent les fils métalliques employés dans la construction des aéroplanes.

L'utilité d'un pareil instrument est manifeste. La rupture des fils, qui

assurent la rigidité d'un aéroplane, est un danger permanent pour les aviateurs. Si elle se produit généralement sous l'action des efforts anormaux que développent soit des manœuvres trop brusques, soit des rafales violentes et subites, elle est d'autant plus à craindre que les fils ont pu être initialement, lors du montage de l'appareil, tendus d'une manière inutile et exagérée. Or cet inconvénient est difficile à éviter quand on ne dispose d'aucun moyen de contrôle. C'est à combler cette lacune que le *tension-mètre* est destiné.

Le principe de l'instrument est emprunté aux lois des vibrations transversales des cordes. De ces lois bien connues M. Largier a détaché un fait simple qui s'énonce ainsi :

Sur un fil métallique dont on fait varier la tension, ou sur des fils métalliques de même densité, mais de grosseurs différentes, et de tensions diverses, les longueurs répondant à un régime vibratoire déterminé sont entre elles comme les racines carrées des tensions respectives, rapportées au millimètre carré de section. Ainsi, de la simple connaissance de ces longueurs on peut déduire celle des tensions.

Le *tension-mètre* est constitué par une règle portant deux chevalets, dont l'un est fixe et l'autre mobile. Pour en faire usage, on l'applique contre le fil à étudier au moyen de deux crochets à ressort. Le régime vibratoire, propre au fragment du fil limité par les deux chevalets, étant défini par le son qu'il émet sous l'ébranlement d'un choc, on déplace le chevalet mobile jusqu'à ce que ce son s'accorde avec un son fixe choisi comme étalon, le *la* normal, par exemple, donné par un diapason. Un diapason à anche, s'actionnant à la bouche, est particulièrement commode pour ces expériences.

Pour renforcer le son émis, une caisse de résonance est accolée à la règle support. D'autre part, une division tracée sur le côté de l'appareil permet de repérer la position occupée par le chevalet mobile, quand l'unisson est atteint. Le tracé de cette division, au lieu de correspondre simplement à des longueurs, est fait en kilogrammes par millimètre carré et donne directement l'inconnue cherchée. Une telle graduation s'obtient empiriquement; mais une remarque doit être faite à ce sujet. Pour déduire de la théorie que la correspondance entre les longueurs de fils et les sons qu'ils émettent est indépendante du diamètre des fils, il faut admettre que ces fils sont parfaitement souples. Or il est loin d'en être ainsi pour des fils métalliques et, plus leur diamètre est gros, plus est majorée la longueur qui correspond au son étalon.

Aussi, pour l'étude des fils d'aéroplanes, dont le diamètre varie entre 2^{mm}

et 3^{mm}, est-il convenable de munir le *tension-mètre* de deux graduations correspondant précisément à ces deux diamètres extrêmes. De la sorte on peut, sans erreur notable, connaître les tensions de fils de tous les diamètres compris entre millimètres : 1,5 et 3,5.

Ainsi qu'il vient d'être dit, l'instrument de M. Largier est appelé à être utilisé principalement au cours du montage des aéroplanes. Toutefois, il est permis d'entrevoir qu'on arrive à l'employer avantageusement sur des appareils en plein vol. Son rôle deviendrait celui d'un dynamomètre indiquant les variations des efforts appliqués au bâti des machines. La méthode d'observation dans ce cas aurait sans doute à être modifiée. Au lieu de faire varier la longueur de fil vibrante, pour un même son émis, on pourrait maintenir cette longueur invariable et suivre au contraire les variations de hauteur du son émis, et cela soit à l'oreille au moyen d'une série de petits diapasons à bouche formant une gamme chromatique de comparaison, soit par enregistrement phonographique en combinant un dispositif approprié. Cette dernière variante d'observation, il faut en convenir, n'irait pas sans rencontrer de sérieuses difficultés.

Le *tension-mètre* de M. Largier, qui a été conçu pour le but spécial indiqué précédemment, peut évidemment recevoir bien d'autres applications. Il paraît appelé à prendre place parmi les instruments de mesures de la Physique et à rendre d'appréciables services dans des cas très variés.

M. **P. Duhem**, faisant hommage à l'Académie du Tome I de son *Traité d'Énergétique ou de Thermodynamique générale*, adresse la lettre suivante :

La grande extension qu'a prise la Thermodynamique en a fait, sous le nom d'*Énergétique*, le code des principes généraux qu'on applique aux autres parties de la Physique. Il est, par là, devenu nécessaire de rendre les fondements de la Thermodynamique assez larges pour qu'il puissent soutenir l'ensemble des doctrines qu'ils doivent porter, et assez minutieusement détaillés pour qu'en ces doctrines on ne rencontre aucun cas qui n'ait été prévu par les lois énergétiques. A produire cette extension et à déterminer cette précision, nous nous efforçons depuis plus de vingt-cinq ans; le présent Traité est le résultat de ce long effort.

Ce premier Volume expose, tout d'abord, le principe de la conservation de l'Énergie et en tire la définition des deux notions essentielles de la Thermodynamique : les notions de Travail et de Quantité de chaleur.

Au principe de la conservation de l'Énergie est rattachée la Mécanique

rationnelle. Dirigée par la loi de moindre contrainte que Gauss a formulée, la voie que nous avons suivie pour parvenir aux équations de la Dynamique et de la Statique suit presque exactement celle que H. Hertz a tracée; elle s'étend seulement un peu plus, afin de ne pas délaisser les circonstances où les liaisons imposées au système subissent des variations brusques.

La définition de la réversibilité et le principe de Sadi-Carnot et de Clausius conduisent aux notions de Potentiel thermodynamique interne et d'Entropie. Ces notions permettent d'établir et d'étudier complètement les lois de la Statique générale.

A l'aide de ces lois, il est facile de discuter et de classer les diverses règles relatives au déplacement de l'équilibre; c'est sur cette discussion que prend fin ce premier Volume.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux* C *tels que les lignes d'une série soient des courbes planes.* Note de M. C. GUICHARD.

M. Goursat a étudié le cas où une surface se déforme de telle façon qu'une série de sections planes parallèles se transforme en une série analogue sur la surface applicable (*American Journal*, vol. XIV). Ces courbes planes appartiennent à un réseau conjugué dont la propriété caractéristique est la suivante : *C'est un réseau* C *dont toutes les courbes sont planes.* Je me propose, dans cette Note, de former tous les réseaux C, tels que les courbes *d'un système* soient des courbes planes. A l'égard de ces systèmes j'ai établi le théorème suivant (*Comptes rendus*, 1^er^ semestre 1899) :

Soient M *un réseau* C, M' *le réseau applicable; si sur la surface* (M) *les courbes* $u =$ const. *sont planes, il en est de même des courbes* $v =$ const. *sur la surface* M'.

Pour former de pareils systèmes je me sers de courbes que j'appelle *p fois isotropes*. Si $X_1, X_2, \ldots, X_n$ sont des fonctions de u seul et si l'on a

$$\sum\left(\frac{dX}{du}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{d^2X}{du^2}\right)^2=0,\quad \ldots,\quad \sum\left(\frac{d^pX}{du^p}\right)^2=0,$$
$$\sum\left(\frac{d^{p+1}X}{du^{p+1}}\right)^2\neq 0,$$

je dis que le point qui a pour coordonnées $X_1, X_2, \ldots, X_n$ décrit une courbe p fois isotrope. Il est facile d'obtenir, sous forme finie, l'expression des coordonnées $X_1, X_2, \ldots, X_n$.

En effet, je pars d'une courbe isotrope dans l'espace ordinaire; soient x_1, x_2, x_3 les coordonnées du point décrivant, je pose

$$x_4 + i x_5 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2, \qquad x_4 - i x_5 = -1.$$

On sait trouver, sous forme finie, en introduisant une fonction arbitraire de u, cinq fonctions $X_1, X_2, \ldots, X_5$ de cette variable telles que

$$\frac{dX_1}{x_1} = \frac{dX_2}{x_2} = \ldots = \frac{dX_5}{x_5}.$$

On vérifie facilement que le point $(X_1, X_2, \ldots, X_5)$ décrit une courbe deux fois isotrope; et, en reprenant les raisonnements en sens inverse, on voit qu'on obtient par cette méthode toutes les courbes deux fois isotropes de l'espace à cinq dimensions.

La méthode qui permet de passer d'une isotrope simple de l'espace à trois dimensions à une isotrope double de l'espace à cinq permet aussi de passer de celle-ci à une isotrope triple de l'espace à sept dimensions, etc.

Soient donc $X_1, X_2, \ldots, X_7$ les coordonnées d'une courbe triple-isotrope. On aura

$$(1) \qquad \sum\left(\frac{dX}{du}\right)^2 = 0, \qquad \sum\left(\frac{d^2X}{du^2}\right)^2 = 0, \qquad \sum\left(\frac{d^3X}{du^3}\right)^2 = 0.$$

On en déduit

$$(2) \qquad \sum \frac{dX}{du}\frac{d^2X}{du^2} = 0, \qquad \sum \frac{dX}{du}\frac{d^3X}{du^3} = 0, \qquad \sum \frac{d^2X}{du^2}\frac{d^3X}{du^3} = 0.$$

Je pose maintenant

$$(3) \qquad Z_i = X_i + p\frac{dX_i}{du} + q\frac{dX_i}{du^2},$$

p et q étant des fonctions quelconques de u et v. On aura

$$\frac{\partial Z_i}{\partial u} = \frac{dX_i}{du}\left(1 + \frac{\partial p}{\partial u}\right) + \frac{d^2X_i}{du^2}\left(p + \frac{\partial q}{\partial u}\right) + \frac{d^3X_i}{du^3}q,$$
$$\frac{\partial Z_i}{\partial v} = \frac{dX_i}{du}\frac{\partial p}{\partial v} + \frac{d^2X_i}{du^2}\frac{\partial q}{\partial v}.$$

Si l'on tient compte des équations (1) et (2), on en déduit

$$(4) \qquad \sum dZ_i^2 = 0.$$

Je prends maintenant une autre courbe triple-isotrope $(Y_1, Y_2, \ldots, Y_7)$

dont les coordonnées dépendent de la seule variable v et je pose

(5) $$T_i = Y_i + r\frac{dY_i}{dv} + \rho\frac{d^2Y_i}{dv^2},$$

r et ρ étant des fonctions quelconques de u et v. On aura

(6) $$\sum dT_i^2 = 0.$$

Je détermine maintenant les fonctions p, q, r, ρ pour les équations du premier degré

(7) $$Z_4 = T_4, \qquad Z_5 = T_5, \qquad Z_6 = T_6, \qquad Z_7 = T_7.$$

On aura, d'après (4) et (6),

(8) $$dZ_1^2 + dZ_2^2 + dZ_3^2 = dT_1^2 + dT_2^2 + dT_3^2.$$

Soient alors A et B les points qui ont respectivement par coordonnées Z_1, Z_2, Z_3 et T_1, T_2, T_3. La formule (8) montre que ces points décrivent des surfaces applicables.

Le point qui a pour coordonnées X_1, X_2, X_3 décrit une courbe S et, lorsque v varie seul, le point A se déplace dans le plan osculateur de la courbe S; de même le point qui a pour coordonnées Y_1, Y_2, Y_3 décrit une courbe Σ et quand u varie seul le point B se déplace dans le plan osculateur de cette courbe. De plus, il résulte des équations (7) que les courbes coordonnées tracent sur les surfaces (A) et (B) un système conjugué. On a donc bien, sur ces surfaces, des réseaux C possédant la propriété demandée.

La réciproque de cette proposition est exacte; mais, pour l'établir d'une façon simple, il faut s'appuyer sur des propriétés des réseaux tracés sur les développables situées dans un espace d'ordre quelconque. L'exposé de ces propriétés dépasse le cadre de cette Note, j'y reviendrai ailleurs. Toutefois, pour établir cette réciproque, il y a lieu de tenir compte des deux remarques suivantes qui donnent des solutions particulières du problème posé.

Remarque I. — Au lieu de prendre une courbe triple-isotrope dans l'espace à sept dimensions je prends, comme point de départ, une double-isotrope (X'_1, X'_2, …, X'_5) de l'espace à cinq et je pose

$$Z'_i = X'_i + p\frac{dX'_i}{du} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 5),$$
$$Z'_6 = q, \qquad Z'_7 = iq.$$

Les fonctions Z′ possèdent la même propriété que les fonctions Z. Je

prends comme coordonnées de A : Z'_1, Z'_2 et Z'_6, puis je remplace, dans la théorie générale, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7 par Z'_3, Z'_4, Z'_5, Z'_7 ou plutôt par une combinaison linéaire orthogonale de ces expressions. Lorsque v varie seul, le point A se déplace dans le plan tangent à un cylindre. La seule différence avec le cas général consiste en ce fait que sur la surface A, les courbes de paramètre u, au lieu d'être situées dans les plans osculateurs d'une courbe quelconque, sont situées dans les plans tangents d'un cylindre. Il est bien entendu qu'on peut faire aussi la même simplification sur les Y.

Remarque II. — Je prends maintenant, comme point de départ, une courbe isotrope de l'espace ordinaire (X''_1, X''_2, X''_3), et je pose

$$Z''_1 = X''_1, \quad Z''_2 = X''_2, \quad Z''_3 = X''_3,$$
$$Z''_4 = p, \quad Z''_5 = ip, \quad Z''_6 = q, \quad Z''_7 = iq;$$

je prends comme coordonnées de A : Z''_1, Z''_4, Z''_6 et je remplace dans la théorie générale Z_4, Z_5, Z_6, Z_7 par une combinaison linéaire orthogonale de Z''_2, Z''_3, Z''_5, Z''_6. Quand v varie seul, le point A décrit une courbe plane, dont le plan conserve une direction fixe; par conséquent, sur la surface (A), les courbes de paramètre u sont situées dans des plans parallèles.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1911 et de Commissions chargées de proposer des questions de prix.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Saintour. — MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Lippmann, Poincaré, E. Picard, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Léauté, Humbert.

Prix Fanny Emdem. — MM. Bouchard, Guyon, Perrier, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Delage.

Prix Pierson Perrin. — MM. Boussinesq, Lippmann, Violle, Amagat, Vieille, Villard, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Poincaré, Léauté.

Prix Petit d'Ormoy. — *Sciences mathématiques pures ou appliquées.* — MM. Jordan, Darboux, Poincaré, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Grandidier, Boussinesq.

Prix Petit d'Ormoy. — *Sciences naturelles.* — MM. Guignard, Michel Lévy, Roux, Bouvier, Dastre, Douvillé, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Bornet.

Prix Serres. — MM. Bouchard, Perrier, d'Arsonval, Laveran, Delage, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Bouvier.

Prix du Baron de Joëst. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Lippmann, Poincaré, Perrier, Guignard, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, le Prince Roland Bonaparte.

Commission chargée de présenter une *Question de Prix Bordin* (Sciences physiques), pour l'année 1914. — MM. Ph. van Tieghem, Perrier, Guignard, Michel Lévy, Roux, Haller, Lacroix.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouchard, Gautier.

Commission chargée de présenter une *Question de Prix Alhumbert*, pour l'année 1915. — MM. Darboux, Lippmann, Poincaré, Gautier, Émile Picard, Guignard, Roux.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Bigourdan.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres de la Commission du Fonds Bonaparte, en remplacement de MM. *Darboux* et *Deslandres*, membres sortants non rééligibles. Ces deux Commissaires devront être choisis dans la Division des Sciences mathématiques.

MM. **G. Lippmann** et **Émile Picard** réunissent la majorité des suffrages.

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Ligue maritime française** invite l'Académie à se faire représenter à l'Assemblée générale qui aura lieu le 24 avril prochain à la Sorbonne.

MM. **E.-L. Bertin** et le Prince **Roland Bonaparte** sont désignés pour représenter l'Académie à cette réunion.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Mouvement*, par M. J. Andrade.

2° Le n° 3 (t. V) de la *Revue de Glaciologie*, par Charles Rabot. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° *Les derniers barbares : Chine-Tibet-Mongolie*, par le commandant d'Ollone. (Présenté par M. Grandidier.)

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de d'Arrest.* Note de M. **F. Gonnessiat**, présentée par M. B. Baillaud.

A son dernier retour, la comète de d'Arrest a été aperçue à l'Observatoire d'Alger, le 26 août 1910, et a pu être suivie avec l'équatorial coudé ($0^m,32$) jusqu'au 27 janvier dernier. La courbe des éclats de cette comète présente des particularités intéressantes.

Au moment de sa découverte, elle se trouvait à sa plus grande proximité de la Terre et à vingt jours du périhélie. Elle n'apparaissait pourtant que comme une faible nébulosité, estimée de 14e grandeur, d'une extension de 2′ à 3′, avec un noyau à peine marqué. Bien qu'elle s'éloignât ensuite de l'observateur, et même du Soleil à partir du 16 septembre, son éclat apparent alla en augmentant jusqu'au commencement d'octobre. La comète fut alors notée de 12e grandeur ; la queue se développait sur une longueur visible de 5′ à 6′, et le noyau, bien net, était observable même en présence de la Lune. Vers le 4 novembre, la diminution d'intensité parut correspondre à

une demi-grandeur. Le 30 décembre seulement, elle repassait par l'éclat du début (14^e). Enfin, quand on la perdit de vue à la fin de janvier, elle était réduite à la 15^e grandeur.

Dans le Tableau suivant, portons :

1° Les intensités lumineuses i déduites des estimations de grandeur, en prenant pour unité celle du 26 août;

2° Les intensités absolues $I = i\left(\frac{\Delta}{\Delta_0}\right)^2$ ramenées à une même distance Δ_0 de l'observateur;

3° Les intensités $I' = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ calculées d'après la loi de l'inverse du carré de la distance r au Soleil :

Date.	i.	I.	I'.	$\frac{I}{I'}$.
1910. Août 26	1,0	1,0	1,00	1
Septembre 30	6,3	7,5	1,02	7
Novembre 4	4,0	8,1	0,86	9
Décembre 30	1,0	6,1	0,54	11
1911. Janvier 27	0,4	3,9	0,43	9

On voit que c'est seulement 6 semaines après le passage au périhélie que l'éclat absolu I atteint sa valeur maxima. Dans cet intervalle, le rapport de l'intensité observée à l'intensité calculée a presque décuplé. Mais ensuite il reste constant, autant du moins que l'incertitude des estimations permet d'en juger.

Il faut donc admettre que les diverses radiations solaires qui contribuent à l'épanouissement de la chevelure et au développement de l'énergie lumineuse interne ont une action progressive, dont les effets vont en s'accumulant pendant plusieurs mois. Il y a décalage et dissymétrie de la courbe de lumière par rapport à la courbe de l'orbite.

Dans cette période de transformation, les variations d'éclat n'ont aucun rapport avec celles du rayon vecteur. Ce n'est que plus tard que la loi de l'inverse du carré devient applicable.

Le regretté Leveau, dont le nom restera attaché à l'histoire de cette comète, avait bien remarqué qu'elle n'avait jamais été aperçue avant son passage au périhélie.

Il pensait aussi que son éclat allait en diminuant dans ses apparitions successives. Il n'en est rien : notre dernière observation correspond à

$$\frac{1}{r^2\Delta^2} = 0{,}06,$$

alors que la dernière observation de 1897, au mont Hamilton, correspond à 0,12.

A cette occasion, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, pour l'observation des comètes approchant de la limite de visibilité, l'Observatoire d'Alger, avec son modeste équatorial coudé de $0^m,32$, peut lutter avantageusement avec les Observatoires les plus puissamment outillés. Des trois facteurs que l'on peut envisager pour expliquer ce fait assez surprenant : qualités optiques, pureté du ciel, éducation de l'œil, c'est au dernier sans doute qu'il faut accorder le plus d'importance. A ce point de vue, j'ai suivi depuis deux ou trois ans les progrès constants de mes collaborateurs, M. Sy, et tout particulièrement M. Rambaud, qui, par exemple, observait encore le 9 juillet dernier la comète de Johannesburg, abandonnée en mai à Nice ($0^m,76$) et en juin à Yerkes Observatory ($1^m,02$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'invariance du nombre de dimensions d'un espace et sur le théorème de M. Jordan relatif aux variétés fermées.* Note de M. **Henri Lebesgue**, présentée par M. Émile Picard.

Pour l'étude des fondements de la Géométrie, il est capital de savoir qu'*il n'existe pas de correspondance biunivoque et continue* [1] *entre les points de deux espaces dont les nombres de dimensions diffèrent.* Malgré plusieurs travaux intéresssants, ce théorème était resté jusqu'ici sans démonstration générale et complète. C'est à M. Brouwer que revient l'honneur d'avoir comblé cette lacune (voir *Math. Ann.*, Bd. 70). A la suite de la Note de M. Brouwer, j'ai exposé, dans ses grandes lignes, une démonstration du même théorème qui sera développée, avec ses conséquences, dans un Mémoire spécial. Mais, si l'on n'a en vue que le théorème en question luimême, on peut aller plus vite au but.

Fixons les notations. E_n sera un espace à n dimensions; S_n, s_n, ... seront des hypersphères à n dimensions ou des variétés correspondantes; T_n, t_n, ..., des variétés polygonales régulières à n dimensions (lignes polygonales, $n=1$; surfaces polyédrales, $n=2$) ou des variétés correspondantes. On peut partager une T_n en deux parties à l'aide d'un nombre fini de T_{n-1}. t_0 ou s_0 sera un ensemble de deux points $[(x-a)^2=R^2]$.

---

(1) Sauf l'exception signalée plus loin, toutes les correspondances seront biunivoques et continues. Elles ne sont en général définies que sur les variétés correspondantes.

S'il existait une correspondance entre E_{n+1} et E_{n+p+1} $(p > 0)$ [1], il y aurait une hypersphère S_n de E_{n+1} dont la transformée s_n diviserait E_{n+p+1} en régions. Or soit σ_n une variété polygonale voisine de s_n et lui correspondant, elle ne divise évidemment pas E_{n+p+1} en régions, donc sa transformée Σ_n ne divise pas E_{n+1} en régions [2]. Or, on va montrer que toute Σ_n voisine de S_n divise E_{n+1} en régions en prouvant qu'un *rayon* indéfini OA de S_n, porté par la *droite* D, rencontre en un nombre impair de points toute Σ_n polygonale voisine de S_n.

Soient P_n la variété linéaire perpendiculaire à OA en O, S_{n-1} la section de S_n par P_n, Σ'_{n-1} la transformée de S_{n-1} sur Σ_n, Σ_{n-1} la projection de Σ'_{n-1} sur P_n, Σ'_n celle des deux calottes de Σ_n, limitées par Σ'_{n-1}, qui est du côté de OA. Quand on déplace D parallèlement à elle-même la parité du nombre de points de rencontre de D et de Σ'_n change quand et seulement quand D traverse [3] Σ'_{n-1}, donc Σ_{n-1}. Il faut donc prouver que, quand D s'éloigne indéfiniment, le nombre de traversées est impair; c'est-à-dire prouver pour Σ_{n-1} et S_{n-1} la même chose que pour Σ_n et S_n. La proposition est évidente pour $n = 2$, le théorème est démontré.

Le raisonnement précédent est en relation intime avec celui grâce auquel M. Jordan prouva que toute courbe plane fermée sans point multiple (t_1) partage le plan (E_2) en régions. Convenablement modifié il permet de généraliser ce dernier théorème.

Disons que deux variétés T_n et T_p de l'espace E_{n+p+1} sont *enlacées* si, t_n et t_p étant deux variétés polygonales correspondant à T_n et T_p et très voisines de celles-ci, au cours de la déformation continue réduisant t_n, par exemple, à un point non situé sur t_p, il y a un nombre impair de traversées de t_p par t_n.

Le théorème de M. Jordan affirme qu'étant donnée une courbe t_1 dans un plan E_2 il existe un système de deux points t_0 enlacé avec t_1; on le généralise en disant :

---

(1) Il suffit que la correspondance existe pour des points formant dans E_{n+1} et E_{n+p+1} des ensembles ayant des points intérieurs. Si cette condition n'était remplie que pour E_{n+p+1}, il faudrait modifier légèrement le raisonnement.

(2) Les variétés polygonales telles que σ_n et Σ_n peuvent se recouper elles-mêmes. Les correspondances ne sont plus géométriquement biunivoques.

(3) Il faut distinguer *traverser* et *rencontrer*. Ici, en projection sur P_n, la distinction est évidente. Pour deux variétés linéaires P_k et P_l de E_{k+l+1} qui vont avoir un point commun, la distinction se fait d'une façon analogue, en menant par P_k la variété linéaire P_{k+l} parallèle à P_l et en regardant si P_l passe d'un côté de P_{k+l} à l'autre.

Si dans un espace E_{n+p+1} *on a une variété* T_n, *il existe une variété* T_p *enlacée avec* T_n.

Pour $n = 0$ la proposition est évidente. Admettant le théorème pour la valeur $n-1$ de n, pour passer à la valeur n divisons T_n en deux parties A et B par un ensemble θ de variétés T_{n-1}. Soit Γ une variété polygonale T_{p+1} enlaçant une et une seule [1] des T_{n-1} formant θ. La plus courte distance de Γ à θ étant 2ε, soit $2d$ un nombre inférieur à 2ε et à la plus courte distance de la partie de A distante de θ de plus de ε à la partie analogue de B. Les points de Γ distants de T_n de moins de d forment des domaines ouverts sur Γ. Soit α l'un d'eux et soient, sur une variété t_n très voisine de T_n et lui correspondant, A′ et B′ les parties correspondant à A et B. Quand t_n se déforme en restant très voisine de T_n la parité du nombre m des points de rencontre de A′ et de α ne change pas, car les frontières de A′ et de α ne contiennent jamais de points de rencontre. La somme des m est impaire, donc l'un d'eux est impair, soit celui relatif à α; alors α rencontrant A′ ne rencontre pas B′. Tout ceci reste vrai si l'on modifie très peu α. Diminuons α de façon qu'il soit limité par un nombre fini de variétés polygonales T_p et alors l'une au moins de ces T_p enlace T_n.

En particulier, on déduit de là qu'une T_n ne remplit pas E_{n+p+1} $(p \geqq 0)$ et divise E_{n+p+1} en régions pour $p = 0$ et seulement dans ce cas. L'invariance du nombre de dimensions résulte de là de trois manières.

En terminant je signale d'un mot la relation évidente entre l'existence de variétés enlacées et l'existence de périodes polaires pour des intégrales multiples.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction de Green pour un contour algébrique.* Note de M. **Georges Léry**, présentée par M. Émile Picard.

Une aire plane A étant limitée par un contour analytique C, je considère la fonction de Green G, nulle sur C et infinie en un point m de A comme $\operatorname{Log} \frac{1}{r}$; G est connue pour un certain nombre de contours C, mais a été trouvée par des procédés très différents suivant les cas. Il peut être intéressant de

---

(1) La possibilité de satisfaire à cette dernière condition résulte du fait que la variété T_p de l'énoncé général peut être prise aussi petite qu'on le veut.

connaître une méthode uniforme réunissant tous ces cas. Posons

$$G = \frac{1}{2}[g(z) + g'(z')];$$

$g(z)$ est une fonction analytique de la variable $z = x + iy$, infinie en m comme $\log\frac{1}{z}$; sa partie réelle est nulle sur C. $g'(z')$ est la fonction imaginaire conjuguée.

On sait faire le prolongement analytique de g au delà du bord C; si C est algébrique, on peut étudier ce prolongement dans tout le plan, trouver toutes les singularités de g, et en former une expression valable dans le plan entier. On reconnaît que la forme de g dépend essentiellement de la disposition des foyers de la courbe C; on devait s'y attendre d'après la théorie des caractéristiques.

1° Lorsque l'aire A ne contient pas de foyer, g est une intégrale abélienne de troisième espèce attachée à C; comme exemple, je citerai l'aire extérieure à une courbe de genre 3, composée de quatre ovales.

2° Si l'aire A est extérieure à des cercles non sécants, $\frac{dg}{dz}$ est analogue à une fonction θ fuchsienne ou θ kleinéenne d'ordre un, relative à un polygone générateur symétrique de troisième famille. On forme facilement son expression en admettant la convergence des séries θ d'ordre un. Je crois avoir démontré cette convergence dans le cas fuchsien, et aussi dans le cas kleinéen, lorsque les rayons des cercles sont suffisamment petits.

On en déduit l'expression d'une fonction fuchsienne de la troisième famille par un produit infini, connaissant ses pôles dans le polygone générateur.

3° L'aire A est une couronne limitée par deux cercles concentriques de rayons 1 et $R > 1$; le groupe fuchsien correspondant provient d'une seule substitution fondamentale. Soient (z_0, z'_0) le point singulier de g, et σ la fonction de Weierstrass aux périodes

$$2\omega_1 = \log R^2, \qquad 2\omega_2 = 2\pi i,$$

$$g(z) = \log \frac{\sigma(\log z z'_0)}{\sigma\left(\log \frac{z}{z_0}\right)} - \frac{\eta_1}{\omega_1} \log z_0 z'_0 \log z.$$

On en déduit la fonction g pour l'aire annulaire balayée par un ovale qui appartient constamment à une famille isotherme algébrique; dans l'expression de g entrent des fonctions elliptiques et une intégrale abélienne attachée à l'une quelconque des courbes de la famille.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la notion de différentielle.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. P. Appell.

Je me propose de montrer que la définition généralement adoptée pour la différentielle d'une fonction de *plusieurs* variables présente, aux points de vue logique et pédagogique, de graves inconvénients qu'on peut éviter en modifiant cette définition.

On convient généralement de dire qu'une fonction de plusieurs variables $f(x, y, \ldots)$ admet une différentielle au point $(x_0, y_0, \ldots)$ lorsqu'elle admet en ce point une dérivée partielle par rapport à chacune des variables; et cette différentielle est alors $f'_{x_0}\Delta x + f'_{y_0}\Delta y + \ldots$.

Or si l'on se donne la peine de comparer les énoncés des théorèmes fondamentaux du Calcul différentiel, relatifs, les uns au cas d'une variable, les autres au cas de plusieurs variables, on sera frappé de ce fait que, là où les uns supposent seulement l'existence de la différentielle en un point, les autres imposent des conditions supplémentaires telles que l'existence de la différentielle dans une région et même sa continuité. Il est facile de montrer que sans ces hypothèses, les énoncés seraient inexacts. Et, d'autre part, on se rend bien compte que ces hypothèses sont trop restrictives. En d'autres termes, la définition usuelle de la différentielle pour le cas de plusieurs variables est théoriquement trop large, pratiquement (c'est-à-dire juxtaposée à ces hypothèses supplémentaires) trop étroite.

La définition usuelle a encore d'autres défauts tels que de faire dépendre l'existence de la différentielle du choix des axes de coordonnées choisis pour les variables x, y, ..., et de ne pas faire assez ressortir son importance dans la méthode des infiniment petits.

Je voudrais montrer qu'on peut donner une nouvelle définition qui n'est plus sujette aux mêmes objections.

La définition que j'ai en vue est d'un caractère analytique; mais afin qu'on ne puisse lui reprocher d'être artificielle et choisie arbitrairement, je la présenterai d'abord sous une forme géométrique exactement équivalente et qui montre mieux combien elle est naturelle :

Une fonction $f(x, y)$ a une différentielle à mon sens au point (x_0, y_0), si la surface $z = f(x, y)$ admet en ce point un plan tangent unique non parallèle à Oz : $z - z_0 = p(x - x_0) + q(y - y_0)$. Et alors cette différentielle est par définition l'expression

$$p\,\Delta x + q\,\Delta y,$$

où Δx, Δy sont des accroissements arbitraires de x, y.

Il est à peine utile de faire observer que si une fonction admet une différentielle à mon sens, elle en admet une au sens ordinaire (et c'est la même). Mais la réciproque n'est pas vraie.

La forme analytique de cette définition est la suivante :

Une fonction $f(x, y, z, t)$ admet une différentielle à mon sens au point (x_0, y_0, z_0, t_0) s'il existe une fonction linéaire et homogène des accroissements, soit $A.\Delta x + B.\Delta y + C.\Delta z + D.\Delta t$, qui ne diffère de l'accroissement Δf de la fonction à partir de la valeur $f(x_0, y_0, z_0, t_0)$ que d'un infiniment petit, par rapport à l'écart Δ des points (x_0, y_0, z_0, t_0), $(x_0 + \Delta x, \ldots, t_0 + \Delta t_0)$. Et alors la différentielle est par définition

$$df = A.\Delta x + B.\Delta y + C\ \Delta z + D.\Delta t.$$

On peut entendre par écart des deux points l'expression $|\Delta x| + \ldots + |\Delta t|$ ou $\sqrt{\Delta x^2 + \ldots + \Delta t^2}$ ou encore la plus grande des quantités $|\Delta x|, \ldots, |\Delta t|$.

Cette définition est exprimée par la formule

$$\Delta f = df + \varepsilon\Delta,$$

où ε tend vers zéro quand Δ tend vers zéro. Elle rappelle donc l'ancienne définition par la partie principale et en présente tous les avantages, mais en échappant aux objections de rigueur qu'on lui avait justement adressées.

Je montrerai d'ailleurs qu'au moyen de cette nouvelle définition, on peut développer les principes fondamentaux du Calcul différentiel, d'une façon aussi élémentaire qu'avec l'ancienne définition ; et qu'on obtient des énoncés qui, se modelant sur ceux qui sont relatifs au cas d'une variable, sont à la fois plus simples et plus généraux que les énoncés classiques. Je mentionne qu'on peut traiter de même le cas des différentielles d'ordre supérieur.

Mais je tiens enfin à insister sur l'avantage essentiel que présente cette définition. Elle est immédiatement propre à une généralisation dans le calcul fonctionnel. M. Hadamard a indiqué une condition à laquelle doit logiquement satisfaire la *variation* d'une fonctionnelle : c'est d'être une fonctionnelle linéaire. Si l'on tient compte d'une part de cette indication, d'autre part de la nouvelle forme donnée plus haut à la définition de la différentielle, on arrive, presque nécessairement, à la définition suivante (dont je me propose d'indiquer aussi les applications).

Une fonctionnelle U_A admet, pour l'élément A_0, une différentielle, s'il existe une fonctionnelle linéaire par rapport à l'accroissement ΔA, soit $V_{\Delta A}$, qui ne diffère de l'accroissement de U_A à partir de A_0, que d'une quantité infiniment petite par rapport à l'écart des éléments A_0, $A_0 + \Delta A$.

Si, par exemple, on prend pour éléments des fonctions continues dans (a, b), on pourra appeler écart des éléments $f(x)$, $\varphi(x)$ le maximum de $|f(x) - \varphi(x)|$ dans (a, b). De même, on pourra prendre comme éléments des fonctions de carré sommable, des points de l'espace à une infinité de dimensions, etc.

GÉODÉSIE. — *Sur la constitution d'axes de rotation assez stables pour permettre la mesure des angles géodésiques par la méthode de la répétition.* Note de M. **André Broca**, présentée par M. Bassot.

Les méthodes de mesure des angles géodésiques ne permettent pas, dans une triangulation, de conserver la précision que peut donner la mesure des bases.

On emploie actuellement la méthode de la réitération; celle de la répétition, quoique beaucoup meilleure pour éliminer les erreurs de graduation, a été abandonnée à cause d'erreurs accidentelles graves qui s'introduisent forcément avec les appareils actuels. Dans ceux-ci en effet, les microscopes sont solidaires de la lunette, on les lit après pointé sur la première mire, puis on vise la seconde en tournant la lunette seule; on la rend alors solidaire du limbe, et l'on ramène l'ensemble à la visée sur la première mire. On libère alors le limbe de la lunette, ou le fixe au pied et l'on recommence. Quand on établit ou qu'on rompt les connexions entre le limbe et la lunette, il est impossible d'éviter des erreurs graves; mais ces erreurs sont aisément mesurables si l'on munit la lunette d'un oculaire micrométrique; il suffit en effet de fixer le limbe et de pointer au fil mobile avant de le détacher de la lunette. On aura alors, à chaque répétition, un appoint, et il faudra ajouter à l'angle lu finalement la somme algébrique de ces appoints.

Mais cette cause d'erreur si facile à faire disparaître n'est pas la seule; j'ai pu m'en assurer en étudiant la stabilité de la réunion des pièces fixes et des pièces mobiles dans les instruments actuellement en usage. Le colonel Bourgeois m'a permis de mener cette étude sur les appareils du Service géographique de l'Armée, je lui adresse ici mes bien vifs remercîments, non seulement pour cette aide matérielle, mais aussi pour ses précieux avis.

J'ai étudié à ce point de vue des cercles azimutaux de Brunner, et le grand altazimut du même constructeur, en amenant toujours le même pointé sur le même trait avec le même microscope, et en étudiant les variations de l'appoint du microscope diamétralement opposé, c'est-à-dire les variations de l'excentricité. Dans aucun de ces instruments le pointé ne se maintient constant; il varie toujours d'une manière notable pendant quelques minutes

après la fixation des pièces et souvent, pour la moindre trépidation, il subit des variations brusques; ces variations peuvent atteindre 20 secondes centésimales (6 ou 7 sexagésimales). On ne peut donc absolument pas compter sur la stabilité des liaisons pendant le long temps nécessaire à une répétition, et ce n'est pas dans les mâchoires seules qu'il faut chercher la cause d'erreur, mais dans l'axe lui-même, puisqu'il y a une variation d'excentricité.

J'ai donc commencé par réaliser des axes stables.

Il ne saurait être question de réaliser un axe géométrique unique pour toute la rotation, ce serait une utopie, mais il faut que, cette condition étant à peu près réalisée, la fixation de la pièce femelle sur la pièce mâle de l'altazimut soit aussi parfaite que possible pendant la période de solidarité.

Tout d'abord, j'ai remplacé la pointe de l'altazimut par une butée à billes du commerce avec joint sphérique. De la sorte on évite complètement les écrasements qui se produisent souvent pour certaines positions et font passer un même axe du coïncement avec entraînement à une liberté trop grande. J'ai ensuite réalisé le bon appui par un procédé d'appui discontinu analogue à celui des trois roulettes de P. Chappuis. La pièce femelle a été entaillée de manière à ne laisser subsister que trois rayures en relief, à 60° l'une de l'autre. Un ressort agit de manière à appuyer correctement deux des rayures contre l'axe. C'est tantôt un ressort à pompe appuyant un piston en un point à 60° des deux rayures et à mi-hauteur de l'axe, tantôt un ressort à boudin relié à la mâchoire de fixation et tirant dans la même direction.

Si l'axe présente une petite irrégularité ou une saleté, l'angle d'erreur sera le quotient de la hauteur de l'irrégularité par la distance des rayures. Quand on tire avec le ressort sur deux circonférences en contact, l'angle d'erreur est beaucoup plus grand, car c'est à peu près celui qui correspond à la tangente commune à la surface de la pièce mâle et à l'irrégularité; de plus, le ressort n'empêchant pas les déplacements normaux à sa propre direction, il y a deux positions d'équilibre possibles, entre lesquelles, à cause de la viscosité des huiles, l'appareil oscille lentement. Quand il n'y a pas de ressort, cela est encore pis.

Quand l'appareil est ainsi modifié, l'excentricité devient une constante presque absolue en une position déterminée. Pendant plus d'un an, je n'ai eu que des variations de l'ordre de la seconde dans ces conditions, m'indiquant que la stabilité de l'axe est aussi parfaite qu'on peut le demander. Dans l'instrument étudié, les rayures étaient à environ 10^{cm} l'une de l'autre, et il est aisé de voir qu'une surépaisseur de 1^{μ} sous l'une d'entre

elles donne lieu à une variation de 2 secondes de l'excentricité; l'huile de graissage doit donc être tout à fait pure pour permettre la précision indiquée. Quand, l'appareil étant ainsi monté, des trépidations se produisent, il y a encore de petites variations du pointé, mais elles se font sentir également sur les deux microscopes, elles sont dues aux petites variations du contact de la vis de rappel du mouvement lent. Elles sont ordinairement très petites; j'ai pu cependant, un jour de tempête, le 19 août 1910, observer de ce fait un dépointé de 1 seconde et demie (sexagésimale). Cet inconvénient peut encore être supprimé par l'emploi d'une vis de serrage traversant la pièce femelle de l'axe à mi-hauteur et permettant, une fois le pointé approximatif fait, de rendre les deux pièces absolument solidaires l'une de l'autre. Ce serrage produit toujours un dépointé, qu'on peut mesurer au moyen du micromètre oculaire. C'est d'ailleurs là une condition excellente, car les pointés au fil mobile sont toujours beaucoup meilleurs que ceux à lunette mobile, et, comme les appoints sont toujours petits, il n'y a pas lieu de se préoccuper de la petite erreur qu'il peut y avoir dans la détermination du pas de la vis.

Ces principes de construction, indispensables pour la pratique de la méthode de la répétition, me semblent utiles à appliquer même pour les instruments à réitération, car les variations fortuites de l'axe peuvent parfois produire des erreurs considérables, même pendant le temps très court nécessaire pour une lecture des microscopes.

PHYSIQUE. — *Sur les causes qui peuvent produire la variation, à température constante, de la tension de vapeur d'un liquide.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. G. Lippmann.

Considérons un liquide, surmonté de sa vapeur, contenu dans un cylindre vertical fermé en haut et en bas par deux pistons.

Je puis, en déplaçant convenablement les pistons, vaporiser une certaine masse du liquide, à température constante, sans faire varier la position du niveau du liquide.

Je suppose maintenant que, par un des procédés que j'exposerai tout à l'heure, j'augmente de Δp la pression du liquide.

En déplaçant convenablement les pistons par une opération inverse de celle effectuée tout à l'heure, je pourrai condenser isothermiquement la masse de fluide que j'avais vaporisée.

L'application du théorème des cycles réversibles isothermes montre alors facilement que l'accroissement de pression Δp du liquide a dû s'accompagner d'un accroissement Δf de la tension de la vapeur donné par la relation

$$\frac{\Delta f}{\Delta p} = \frac{u}{u'},$$

u et u' étant les volumes spécifiques du liquide et de la vapeur.

1. Pour obtenir un accroissement de pression du liquide, un premier procédé consiste à séparer le liquide de la vapeur par un tube capillaire. Si le tube n'est pas mouillé par le liquide, pour maintenir pendant la condensation isotherme le ménisque au même point du tube capillaire, il faudra exercer sur le piston inférieur un supplément de pression Δp; ce serait une diminution de pression si le tube était mouillé par le liquide. Dans l'un et l'autre cas, la variation Δf de la tension de vapeur est donnée par l'équation précédemment écrite.

Cette équation est la forme la plus simple qu'on puisse donner au théorème de Lord Kelvin relatif à la variation, par des procédés capillaires, de la tension de vapeur.

Elle a déjà été donnée par S.-H. Poynting [1].

2. Au lieu de placer entre le liquide et la vapeur un tube capillaire, laissons maintenant au cylindre la même section dans toute sa longueur et disposons, au-dessous du niveau du liquide, une paroi fixée au cylindre, perméable seulement au liquide.

Si l'on introduit entre cette paroi et le niveau du liquide un corps soluble non volatil, il se produira une variation Δp de la pression sur le piston inférieur. Cette variation Δp sera égale à la pression osmotique du corps dissous.

On aura encore l'équation donnée plus haut. On retombe sur une formule connue de la théorie des solutions.

3. Nous pouvons encore remplacer la paroi semi-perméable placée dans le liquide par une paroi, perméable seulement à la vapeur, placée au-dessus du niveau du liquide et fixée au cylindre.

Si l'on introduit entre cette paroi et la surface du liquide un gaz insoluble, on fait varier la pression du liquide, et l'équation donnée, encore valable, montre que cet accroissement de pression s'accompagne d'un accroissement de la tension de vapeur.

---

[1] *Phil. Mag.*, 5e série, t. XII, 1881, p. 39.

Ce dernier fait n'a pas encore, à ma connaissance, été signalé jusqu'ici.

4. Si enfin on place deux parois semi-perméables, l'une au-dessous du niveau du liquide, l'autre au-dessus, et si l'on introduit entre ces parois un corps soluble et volatil, il y aura abaissement ou élévation de la tension de vapeur du solvant suivant que la pression osmotique du corps dissous est plus grande ou plus petite que sa tension de vapeur dans le mélange gazeux.

En résumé : *la variation, à température constante, de la tension de vapeur d'un liquide est liée à la variation de pression de ce liquide, toujours par la même relation; que cette variation de pression soit celle qui, en vertu du théorème de Laplace, accompagne la courbure d'un ménisque, que ce soit l'effort d'extension produit par la pression osmotique d'un corps dissous, ou enfin la pression mécanique transmise par un gaz insoluble.*

Ainsi donc, cette variation de pression est la seule cause de la variation de la tension de vapeur, et le procédé employé pour produire cette variation de pression n'a pas d'effet direct.

En particulier, la courbure du ménisque n'est pas la cause directe de la variation capillaire de la tension de vapeur. Cette conclusion est pleinement d'accord avec la théorie exposée récemment par M. G. Lippmann [1].

PHYSIQUE. — *Sur les rayons des métaux alcalins.* Note de M. E. **Henriot**, présentée par M. J. Violle.

Les sels de potassium émettent un rayonnement ionisant assez pénétrant, les sels de rubidium un rayonnement moins pénétrant, mais plus intense. J'ai décrit dans des Notes précédentes les expériences qui m'ont conduit à cette conclusion. Les sels de cæsium, par contre, ne m'ont jamais permis d'observer une ionisation appréciable, ce qui est très inattendu, étant donnée la proche parenté de ces trois métaux. Il était naturel de se demander si les électrons émis avec une grande vitesse par le potassium, avec une vitesse moindre par le rubidium, ne sont pas émis par le cæsium avec une énergie insuffisante pour produire l'ionisation. On pouvait alors espérer les mettre en évidence en étudiant l'effet de leur charge propre. J'ai, dans ce but, effectué des expériences en plaçant un électroscope chargé au-dessus d'une couche de sel de l'un ou l'autre des trois métaux. L'appareil était disposé sous une cloche à vide mastiquée à la cire et vidée à quelques dix-millièmes

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 741.

de millimètre de mercure. Lorsque l'électroscope était chargé positivement, il accusait une déperdition appréciable avec les sels de potassium ou de rubidium, nulle ou douteuse avec les sels de cæsium. On trouvait, par exemple, en exprimant le courant en unités arbitraires :

SO^4K^2	0,65
SO^4Rb^2	3,1
SO^4Cs^2	0,03 (?)

Je dois dire que les champs électriques réalisables dans un tel appareil ne permettent probablement pas d'atteindre la saturation, aussi les nombres précédents sont-ils donnés seulement à titre d'indication.

J.-J. Thomson avait effectué en 1905 une expérience analogue, mais avec les métaux alcalins eux-mêmes (rubidium, alliage sodium-potassium) et il arrivait à la conclusion que, même dans l'obscurité, ces métaux donnent une émission de corpuscules négatifs. Cette expérience a été reprise depuis par Ernst Müller (1), puis par L. Dunoyer (2), qui se sont servis d'un dispositif électrométrique pour déterminer la grandeur du phénomène. Les courants observés par ces auteurs sont assez considérables et atteignent des valeurs de l'ordre de 10^{-13} ampère. Or dans les expériences que je rapportais au début de cette Note, le courant n'atteint pas 10^{-16} ampère pour une surface rayonnante de 400^{cm^2}. Une différence aussi considérable dans l'ordre de grandeur des deux phénomènes ne permettrait pas de les rapporter à une même cause, les métaux se comportant d'une façon nettement différente des sels. J'ai moi-même effectué un assez grand nombre d'expériences sur cette question. Je me suis astreint, ce qui est indispensable pour préciser la valeur du courant, à me placer dans des conditions telles que l'ionisation par chocs n'intervînt pas, quelle que soit la tension employée.

Les expériences ont porté sur sept cellules photo-électriques : trois pour le potassium, deux pour le rubidium (3), deux pour l'alliage liquide sodium-potassium. Le potassium et le rubidium étaient introduits dans la cellule par distillation, l'alliage sodium-potassium par filtration, suivant le procédé d'Elster et Geitel; les surfaces métalliques étaient parfaitement nettes. L'isolement était constitué par le cristal de la cellule et protégé par un anneau de garde en platine suivant l'excellente technique indiquée par M. Dunoyer. La moindre trace de lumière suffit à troubler le phénomène, aussi toutes les tiges de connection reliées à la cellule sont-elles mastiquées dans des bouchons en ébonite fixés sur la chambre noire. Je me suis aperçu également que si l'on n'a pas pris les plus minutieuses précautions pour que, à l'intérieur même de la cellule, la protection électrostatique soit assurée à l'aide de tubes et de toiles métalliques, on constate toujours des courants assez intenses. Une cellule

(1) Ernst Müller, *Berichte der deutschen phys. Gesellschaft*, t. III, 1909, p. 72.

(2) L. Dunoyer, *Comptes rendus*, 7 février 1910.

(3) Le rubidium était préparé par le procédé de M. Hackspill qui m'en a indiqué les détails avec une grande obligeance.

dont la paroi de verre n'est pas entièrement recouverte de toile métallique se souvient pendant plusieurs heures d'avoir reçu de la lumière. Cela provient probablement des gouttelettes de métal collées sur la paroi de verre qui se chargent en recevant les rayons lumineux et se déchargent lentement dans l'obscurité en donnant l'illusion d'un courant. Lorsqu'on accumule toutes les précautions que je viens d'énumérer, on constate que le courant devient de plus en plus faible et ne dépasse certainement pas 10^{-16} ampère par centimètre carré, ce qui est à peu près l'extrême limite de la sensibilité d'un électromètre. Il faudra, si l'on veut poursuivre l'étude du phénomène, placer, comme J.-J. Thomson, un électroscope à feuilles d'or à l'intérieur de la cellule, ce qui présente quelques inconvénients, puisqu'on est obligé d'envoyer de temps en temps de la lumière rouge pour faire les lectures.

Je pense, comme M. Dunoyer, que les courants relativement considérables observés dans quelques cas doivent être attribués à des traces de lumière pénétrant dans l'appareil, ou à d'autres causes accidentelles.

En tout cas les expériences précédentes sont assez en faveur du fait que les métaux alcalins ne se comportent pas d'une manière anormale, eu égard aux propriétés de leurs sels étudiés dans le vide.

THERMODYNAMIQUE. — *Application des principes à un cas de magnétostriction.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

L'attention a été appelée de nouveau sur la variation de longueur d'un fil de fer doux, tendu parallèlement aux lignes de force d'un champ magnétique uniforme et sur les phénomènes qui s'y rattachent.

Soient l la longueur, s la section et v le volume du fil à la température T, sous la tension F et dans le champ H.

Pour produire les variations $d\mathrm{T}$, $d\mathrm{F}$, $d\mathrm{H}$, il faut lui fournir la quantité de chaleur

$$dQ = c\,d\mathrm{T} + b\,d\mathrm{F} + a\,d\mathrm{H}. \tag{1}$$

Faisant abstraction de l'hystérèse, M. Houstoun [1] écrit que le travail reçu par le fil pendant cette transformation est

$$d\mathfrak{T} = \mathrm{F}\,dl + \frac{v\mathrm{H}}{4\pi}\,d\mathrm{B},$$

B étant l'induction $(\mathrm{H} + 4\pi\mathfrak{I})$. Puis il écrit que dS et dU sont différentielles exactes, en considérant v *comme indépendant de* T, *de* F *et aussi de* H, *bien qu'il s'agisse de magnétostriction.*

Les conclusions très simples auxquelles il arrive sont donc nécessairement erronées.

(1) *Philosoph. Magaz.*, 6e série, t. XXI, janvier 1911, p. 78.

En réalité, le travail reçu par un élément du fil, par le fait que son moment m augmente de dm lorsque le champ H auquel il est parallèle prend la valeur $(H + dH)$, est $H \times dm$ ou $H \times d(\mathfrak{J}.\delta v)$, si δv est le volume de cet élément. Pour le fil tout entier, en négligeant les effets perturbateurs des extrémités, on aura donc

$$d\mathfrak{T}_H = H\,d(v\mathfrak{J}),$$

et en désignant par p la pression ambiante (constante)

$$dU = J\,dQ + F\,dl - p\,dv + H\,d(v\mathfrak{J}). \tag{2}$$

Formons, conformément au principe déjà rappelé :

$$d\chi = dU - d(Fl) + d(pv) - d(v\mathfrak{J}H),$$
$$d\chi = Jc\,dT + (Jb - l)\,dF + (Ja - v\mathfrak{J})\,dH. \tag{3}$$

Écrivant que $d\chi$ et dS sont différentielles exactes, on obtient aisément par élimination

$$\frac{Jb}{T} = \frac{\partial l}{\partial T}, \tag{4}$$

$$\frac{Ja}{T} = v\frac{\partial \mathfrak{J}}{\partial T} + \mathfrak{J}\frac{\partial v}{\partial T} = \frac{\partial(v\mathfrak{J})}{\partial T} \quad \text{ou} \quad \frac{\partial M}{\partial T}, \tag{5}$$

$$\frac{\partial l}{\partial H} = v\frac{\partial \mathfrak{J}}{\partial F} + \mathfrak{J}\frac{\partial v}{\partial F} = \frac{\partial(v\mathfrak{J})}{\partial F} \quad \text{ou} \quad \frac{\partial M}{\partial F}. \tag{6}$$

Laissons de côté la relation (4) bien connue.

En ce qui concerne la relation (5), on sait que $\mathfrak{J}$ change fort peu avec T jusque vers 300°. Deux hypothèses simples sont acceptables comme s'accordant suffisamment avec les expériences de Rowland et de Berson :

1° M indépendant de T. Alors l'aimantation sous tension constante ne modifierait pas la température du fer.

2° $\mathfrak{J}$ indépendant de T. On trouve aisément que la température devrait s'abaisser de

$$-\theta = \frac{\alpha T \mathfrak{J} H}{JD\varkappa},$$

α, D et $\varkappa$ désignant le coefficient de dilatation, la densité et la chaleur spécifique du fer. θ n'atteindrait que 0°,0004 pour $H = 100$. Il est évidemment impossible de le vérifier.

L'équation (6) est beaucoup plus intéressante.

Si l'on désigne par $P = -\frac{F}{s}$ la pression par unité de surface, elle s'écrit aisément (première forme)

$$\frac{\partial \mathfrak{J}}{\partial P} = -\frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial H} - \frac{\mathfrak{J}}{v}\frac{\partial v}{\partial P}.$$

Comme pour le fer, $\frac{1}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial P} = -2,3.10^{-13}$, le deuxième terme est > 0 et de l'ordre de 10^{-10}.

D'après Nagaoka et Honda, $\frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial H}$ serait d'abord > 0, passerait par zéro vers $H = 50$ et atteindrait ensuite des valeurs de l'ordre de 10^{-8} (18.10^{-9} vers $H = 300$, puis 2.10^{-9} vers $H = 1800$).

$\frac{\partial\mathfrak{I}}{\partial P}$ serait donc < 0 dans les champs faibles et changerait de signe pour la valeur de H telle que

$$\frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial H} = -\frac{\mathfrak{I}}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial P} = 2,3.10^{-13}\mathfrak{I}.$$

En se reportant au Mémoire original, on voit qu'alors $\mathfrak{I} = 1100$ environ, et

$$\frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial H} = 2,5.10^{-10},$$

valeur très faible par rapport aux valeurs courantes, et qui correspond par conséquent à un champ peu inférieur à 50.

Il n'en reste pas moins que, dans un petit intervalle, $\frac{\partial\mathfrak{I}}{\partial P}$ et $\frac{\partial l}{\partial H}$ seraient de même signe, *ce qui paraît constituer une anomalie*.

En admettant que l'allongement de 3 millioniémes (c'est-à-dire une fraction de micron) observé dans un champ voisin de 50 soit bien réel, on peut se demander s'il n'est pas dû aux phénomènes d'hystérèse dont la théorie n'a pas tenu compte.

Cependant l'anomalie disparaît si l'on écrit l'équation (6) sous la deuxième forme, c'est-à-dire en considérant comme fonction des coordonnées le moment magnétique au lieu de l'intensité d'aimantation

$$\frac{1}{\varphi}\frac{\partial M}{\partial P} = -\frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial H}. \qquad (6\ bis)$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mobilité des ions produits dans l'air par le sulfate de quinine en voie d'hydratation.* Note de MM. **M. de Broglie** et **L. Brizard**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons, dans une Note précédente (1), eu l'occasion de reconnaître que l'ionisation de l'air, produite par le sulfate de quinine en voie d'hydratation, appartenait au type *à recombinaison rapide;* pour mesurer plus

(1) *Comptes rendus*, 16 janvier 1911.

exactement, par une méthode de courants gazeux, la mobilité des centres présents on rencontrait une assez grande difficulté provenant de la répartition des ions.

Ces derniers sont en effet, au moment de leur production, localisés dans une couche [1] extrêmement mince au voisinage de la surface du sel; en appliquant un champ électrostatique, on extrait bien les ions du signe convenable; mais en même temps on les capte avant que le courant d'air n'ait pu les entraîner.

Nous avons réussi à produire cet entraînement en employant un condensateur cylindrique très large, dans lequel le sel actif est placé à l'électrode centrale qui est de petit diamètre; à cet endroit le champ, resserré, est intense et extrait les ions de la couche de production, tandis que, vers les bords, le champ plus faible les laisse partiellement entraîner par un courant d'air transversal.

Plusieurs séries de mesures, exécutées dans ces conditions, avec des échantillons variés de sulfate de quinine, ont fourni des résultats concordants et permis d'évaluer à 1^{cm} par seconde, dans un champ de 1^{v} par centimètre, la valeur moyenne des mobilités des ions des deux signes; on a donc affaire à des petits ions.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un tripleur statiques de fréquence.* Note [2] de M. MAURICE JOLY, présentée par M. J. Carpentier.

Il a été montré précédemment [3] comment il était possible d'obtenir statiquement les multiples pairs de la fréquence d'un courant alternatif et en particulier la fréquence double. On peut obtenir, par le procédé suivant, les fréquences multiples impairs et en particulier la fréquence triple.

Tripleur de fréquence. — Le dispositif est le suivant (voir la figure ci-après) : les primaires des deux transformateurs AA' sont reliés en série, et les secondaires BB' disposés en série de façon que les forces électromotrices induites de la fréquence primaire soient égales et opposées. Mais tandis que l'un des deux circuits magnétiques est porté par le courant primaire à une induction

---

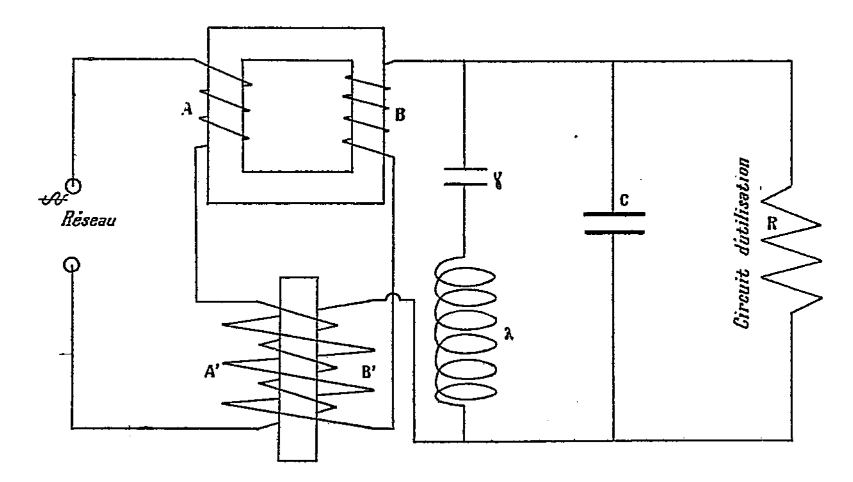
(1) Cette couche contient des ions des deux signes, à la différence de celle que produisent les rayons ultraviolets sur le zinc et qui est uniquement négative.

(2) Présentée dans la séance du 13 mars 1911.

(3) *Comptes rendus*, séance du 13 mars 1911, p. 699.

suffisante pour que se fasse sentir la saturation, l'autre doit fonctionner à perméabilité constante ou encore posséder une perméabilité, dont les variations soient contraires aux variations de la perméabilité du premier circuit [1].

Le calcul complet a été fait dans le cas plus simple et plus pratique où le deuxième transformateur a une perméabilité constante comme cela peut être le cas par exemple dans un transformateur à circuit ouvert.



Ce calcul se conduit de la même façon que dans le cas du doubleur de fréquence et en adoptant la même relation entre les ampères-tours et le flux pour représenter l'état magnétique des circuits.

On a ainsi pour les deux transformateurs les équations :

$$(1) \qquad \begin{cases} N_1 I_1 + N_2 I_2 = A\varphi + B\varphi^3, \\ -N'_1 I_1 + N_2 I_2 = A'\varphi', \end{cases}$$

N_1 N'_1 N_2 représentant respectivement les nombres de tours sur le primaire du premier transformateur, sur le primaire du deuxième et sur chacun des secondaires; I_1 étant le courant primaire, I_2 le courant secondaire, φ le flux dans le premier transformateur, φ' le flux dans le deuxième, AA' et B des constantes.

D'autre part, il est évident que φ peut s'écrire

$$\varphi = a_1 \sin(\omega t + \alpha_1) + a_3 \sin(3\omega t + \alpha_3) + a_5 \sin(5\omega t + \alpha_5) + \ldots,$$

(1) Ce serait le cas par exemple si l'on employait pour ce deuxième transformateur un ensemble semblable au doubleur précédemment décrit, mais où les secondaires seraient connectés de façon que les forces électromotrices s'ajoutent : l'adjonction du courant continu aurait pour effet de donner le résultat cherché.

mais comme $N_1\varphi - N'_1\varphi'$ représente le flux total primaire et ne doit contenir qu'un terme en $\sin\omega t$, on peut mettre φ' sous la forme

$$\varphi' = -a'_1\sin(\omega t + \alpha'_1) + \frac{N_1}{N'_1}a_3\sin(3\omega t + \alpha_3) + \frac{N_1}{N'_1}a_5\sin(5\omega t + \alpha_5) + \ldots.$$

Le flux secondaire total $\varphi + \varphi'$ peut donc s'écrire

$$\varphi + \varphi' = a_1\sin(\omega t + \alpha_1) - a'_1\sin(\omega t + \alpha'_1) + a_3\frac{N_1 + N'_1}{N'_1}\sin(3\omega t + \alpha_3) + \ldots.$$

Cette expression de $\varphi + \varphi'$ montre que si l'on annule par opposition les deux termes en $\sin\omega t$, il ne restera dans le secondaire que des forces électromotrices de fréquence multiple impaire et principalement l'harmonique 3.

D'autre part, en exprimant que le flux primaire a pour valeur

$$\varphi = \varphi_0\sin\omega t,$$

on obtient

$$N_1 a_1\sin\alpha_1 + N'_1 a'_1\sin\alpha'_1 = 0,$$
$$N_1 a_1\cos\alpha_1 + N'_1 a'_1\cos\alpha'_1 = \varphi_0.$$

En résumé la discussion des deux équations (1) permet comme précédemment de calculer la valeur du courant primaire et son décalage, la valeur de la force électromotrice de fréquence 3 et sa phase, la valeur du courant secondaire et son décalage.

On arrive par des calculs analogues à des conclusions semblables à celles qui ont été formulées dans le cas du doubleur.

En particulier l'expression de l'énergie secondaire W_2 devient

$$W_2 = \frac{3}{4}.10^{-13}.\omega.l.s.\mathfrak{B}_1^3.\mathfrak{B}_3.\sin\alpha_3.$$

On en tire les mêmes conséquences que dans le cas du doubleur, en remarquant toutefois que W_2 est maintenant sensiblement proportionnel à $\mathfrak{B}_1^4$ et non plus seulement à $\mathfrak{B}_1^3$ comme dans le cas du doubleur.

On retrouve par le calcul la même propriété rencontrée précédemment, à savoir que le débit sur une résistance nulle entraîne la disparition des forces électromotrices secondaires; on pourra donc comme précédemment étouffer les harmoniques parasites et purifier la courbe au moyen de circuits en résonance présentant une résistance ohmique négligeable.

Enfin la présence d'un condensateur en dérivation sur le circuit d'utilisation et mis en résonance avec le secondaire pour la fréquence triple donnera l'utilisation maximum.

A titre d'exemple, voici quelques chiffres relevés dans un essai à 110^{volts} (42 ~) sur un tripleur comprenant un des éléments du doubleur précédent et un transformateur spécial à circuit ouvert :

V_1.	I_1.	W_1.	V_2.	I_2.	W_2.	C.	I_c.	ρ.
112^{volts}	$37^{\text{amp.}}$	1060^{watts}	998^{volts}	$0^{\text{amp.}},68$	679^{watts}	4,07 mf	$2^{\text{amp.}},5$	0,64

$R_p = 0^{\omega},10$; $R_s = 10^{\omega}$ environ.

Là encore les pertes ohmiques sont inadmissibles dans des appareils industriels (> 10 pour 100) et pourraient être beaucoup réduites dans un transformateur calculé pour donner un rendement maximum dans les conditions de l'essai. On obtiendrait ainsi facilement plus de 80 pour 100.

Conclusions. — En résumé, la méthode employée pour la multiplication statique de la fréquence consiste essentiellement dans l'emploi de deux transformateurs dont les primaires sont reliés en série et dont les secondaires, également disposés en série, sont calculés et connectés de façon que les forces électromotrices de la fréquence primaire qui y sont induites soient égales et opposées et disparaissent de ce fait. Un tel système, alimenté en courant alternatif, ne débite aucune énergie lorsqu'on ferme son circuit secondaire, à moins qu'on n'y développe par un procédé spécial des forces électromotrices de fréquence multiple de la fréquence primaire qui ne soient pas à chaque instant égales et opposées dans les deux transformateurs et qui permettent dès lors la circulation de l'énergie dans l'ensemble du secondaire. Dans le système dont il est ici question, qu'il s'agisse du doubleur ou du tripleur, le procédé employé consiste dans la création d'une dissymétrie magnétique dans les deux transformateurs, soit par l'emploi d'un courant continu, soit par une différence de perméabilité des deux circuits magnétiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Métallographie du système or-tellure.* Note (1) de M. MAURICE COSTE, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai tenu d'une façon essentielle à opérer avec des matières premières aussi pures que possible. On sait depuis longtemps préparer l'or à l'état de pureté. J'ai donc employé les procédés ordinaires de purification.

(1) Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

Pour le tellure par un traitement convenable aux acides azotique, sulfurique et chlorhydrique, j'élimine le sélénium et l'arsenic qui l'accompagnent généralement. Le tellure, précipité à chaud de sa dissolution chlorhydrique par le gaz sulfureux, est fondu et distillé deux fois dans le vide. Cette distillation s'effectue avec la plus grande facilité dans un tube en verre peu fusible, placé horizontalement sur une grille d'analyses. La disposition employée permet d'éviter toute projection de la matière à distiller.

Les deux substances or et tellure, sont pesées séparément et placées dans de petits tubes de verre ou de silice fermés d'un bout. On fait le vide et on les ferme à 3^{cm} ou 4^{cm} l'extrémité. En opérant ainsi dans une enceinte close, la composition des échantillons est ainsi fixée d'avance.

Les petits tubes scellés sont portés à une température telle que les substances soient fondues. Ils sont maintenus à cette température pendant 1 heure environ, puis, selon les cas, refroidis par immersion dans l'eau ou refroidis très lentement.

J'ai fabriqué ainsi une vingtaine d'échantillons de compositions différentes et dont le poids maximum était de 1^{g}. L'examen des surfaces polies de chaque échantillon refroidi lentement a toujours révélé l'existence de deux constituants, sauf pour une teneur en or égale à 43,61 pour 100 qui correspond à la formule $AuTe^2$. Ce composé forme eutectique soit avec l'or, soit avec le tellure. Parmi les nombreuses photographies, trois sont ici reproduites : la première montre le composé avec l'eutectique tellure-composé; la deuxième

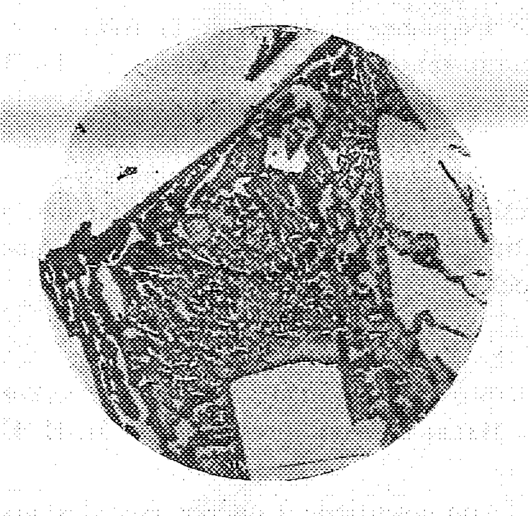


Fig. 1. — Au = 42,417. Grossissement : 200 d.

correspond à une teneur en or égale 4,685; la troisième, le résultat d'une action incomplète du tellure sur l'or. Or libre, composé défini et eutectique or, composé défini.

Margottet avait annoncé l'existence d'une combinaison Au^2Te (Thèse de doctorat, 1873, Paris). Cette combinaison n'existe pas. Par fusion des con-

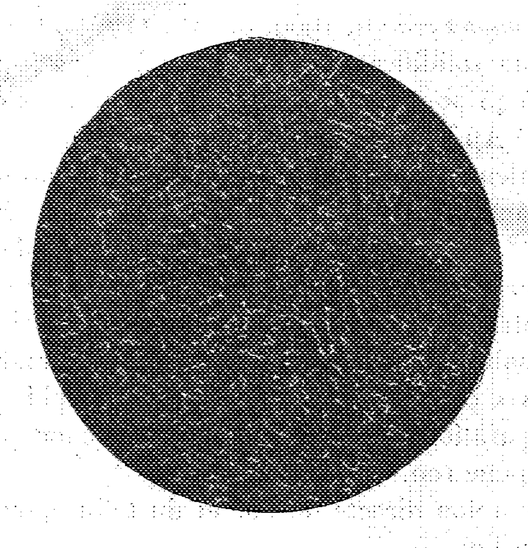


Fig. 2. — Au = 4,685. Grossissement : 100 d.

stituants or-tellure dans les proportions correspondant à cette formule, on

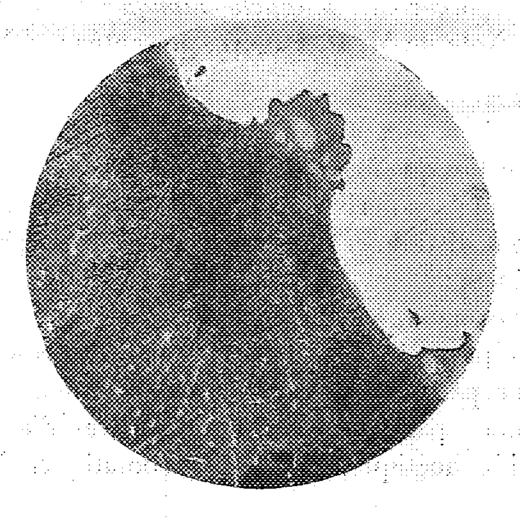


Fig. 3. — Grossissement : 50 d.

n'obtient, ni par trempe, ni par refroidissement lent, qu'un mélange d'or libre et du composé $AuTe^2$. J'ai répété les expériences de Margottet en fai-

sant varier les conditions de température et de temps. J'ai obtenu : 1° un mélange de cristaux de tellure, du composé $AuTe^2$ et d'or; 2° un eutectique du composé $AuTe^2$ avec l'or et or libre.

M. Pélabon (*Comptes rendus*, 1909, p. 118, 1176) a trouvé un maximum de température de solidification commençante 472°, pour les alliages contenant de 41 à 45 pour 100 d'or. Ces deux méthodes confirment l'existence du composé $AuTe^2$.

J'ai effectué également des mesures de force électromotrice de dissolution de ces alliages dans l'acide azotique étendu. La force électromotrice du tellure étant de $0^{vol},65$ est aussi celle de tous les alliages de teneur inférieure à 42 pour 100 d'or. Pour des teneurs égales ou supérieures à 43,61 pour 100 la force électromotrice est un peu inférieure et égale à $0^{vol},55$, la force électromotrice de dissolution de l'or étant nulle dans ces conditions. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par la métallographie qui nous permet de constater la séparation du composé défini, même lorsque la teneur en or n'est que de 0,32 pour 100.

En résumé, par union directe de l'or et du tellure, on ne peut obtenir qu'un composé $AuTe^2$.

PHYSICO-CHIMIE. — *Recherches magnéto-chimiques sur la structure atomique des halogènes*. Note de M. P. PASCAL, présentée par M. E. Bouty.

Parmi les exceptions aux lois d'additivité du diamagnétisme, les plus intéressantes sont celles que fournit l'étude des halogènes.

Si on laisse de côté les dérivés fluorés, dont l'étude présente quelques singularités, on peut distinguer dans les composés halogénés deux groupes de corps bien distincts :

1° Les dérivés normaux, où le chlore, le brome et l'iode conservent en combinaison leurs propriétés naturelles. C'est le groupe des composés monohalogénés incapables de donner un dérivé non saturé par perte d'hydracide, comme, par exemple, les chlorures d'acides, les dérivés substitués de l'acide acétique, les corps aromatiques halogénés sur le noyau.

2° Les dérivés anormaux, toujours beaucoup moins diamagnétiques que ne le voudraient les lois d'additivité. Ce sont, la plupart, des corps de la série grasse, des sels halogénés d'ammoniums composés organiques ou

minéraux; ce sont particulièrement des composés où plusieurs halogènes sont reliés à un même atome de métalloïde ou de métal.

J'ai indiqué, il y a deux ans [1], que les dépréciations du diamagnétisme présentées par les composés organiques monohalogénés s'expliquaient qualitativement et quantitativement par une déformation de la molécule provenant d'une ébauche de combinaison entre halogènes et hydrogènes voisins, et donnant pour résultat une amorce de liaison multiple. Je me propose aujourd'hui d'étudier plus particulièrement les corps où plusieurs halogènes sont groupés autour d'un même atome central.

Le Tableau suivant donne les dépréciations D du diamagnétisme moléculaire et la susceptibilité moléculaire expérimentale S d'un certain nombre de dérivés halogénés simples :

	$10^7.D.$	$-10^7.S.$		$10^7.D.$	$-10^7.S.$
$CHCl^2-CHCl^2$	32	935	$SiCl^3-SiCl^3$	230	1439
$CCl^2=CCl^2$	29	877	PCl^3	242,5	660
$C^6H^5CHCl^2$	35,5	1019	$SbCl^3$	504,5	901
$CHClBr-CHClBr$	112,5	1131	$CCl^2Br-CCl^2Br$	287,5	1314
CH^2Br^2	76	686	$CHBr^3$	219,5	833
$CBr^2=CBr^2$	148	1197	CBr^3-CBr^3	498	1542
$CBrI=CBrI$	178,5	1458	$SbBr^3$	652	1082
$CI^2=CI^2$	215	1713	CCl^4	212,5	688
$CHCl^2-CCl^3$	116,5	1033	$SiCl^4$	132	912
$CHCl^3$	114,5	607	$SnCl^4$	147	1201
CCl^3-CCl^3	207	1175	CBr^4	327,5	1012
CCl^3AzO^2	115	785	$SnBr^4$	233,5	1554
BCl^3	83,5	623	CI^4	507,5	1415
$SiHCl^3$	120	744	$SbCl^5$	615,5	1207
$SiC^2H^5Cl^3$	102	1010	$PSCl^3$	262,5	795

Si l'on porte en ordonnées les dépréciations D et en abscisses les poids P des groupes d'halogène correspondants, on reconnaît de suite que les points figuratifs s'alignent remarquablement sur des droites passant par l'origine, et dont le coefficient angulaire λ mesure la perte de susceptibilité spécifique pour chaque atome du groupe halogéné.

Or les valeurs observées pour λ ont une partie aliquote égale à $0,2468.10^{-7}$ et contenue dans λ respectivement 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 14 et 16 fois.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. XIX, 1910, p. 60.

On trouve en effet :

$10^7\lambda$.	Calculé.	$10^7\lambda$.	Calculé.	$10^7\lambda$.	Calculé.
0,225	0,2468	1,219	1,2340	3,467	3,4552
0,463	0,4936	1,496	1,4808	4,718	4,6892
0,750	0,7404	2,464	2,468	»	»
0,998	0,9872	2,716	2,7148	»	»

Chose remarquable, cette partie aliquote se retrouve également dans les susceptibilités spécifiques du chlore, du brome et de l'iode, dans lesquelles elle figure 24, 16 et 15 fois. Ces susceptibilités sont en effet, au facteur -10^{-7} près :

Cl..............	$5{,}91 = 24 \times 0{,}2468 - 0{,}0132$
Br..............	$3{,}99 = 16 \times 0{,}2468 + 0{,}0412$
I...............	$3{,}66 = 15 \times 0{,}2468 - 0{,}0420$

Enfin, jamais la dépréciation de la susceptibilité n'épuise dans un atome la totalité des parties aliquotes qu'il contient.

Si l'on ne veut pas expliquer ces propriétés par des variations du degré de liberté des électrons, on est amené à dissocier l'atome diamagnétique d'un halogène en éléments plus petits identiques dans le même atome, mais dont le nombre peut varier d'un halogène à l'autre. Il est d'ailleurs à prévoir que la structure électronique de ces sous-atomes sera en relation étroite avec la valence de l'atome total, et que les expériences précédentes permettront de donner une représentation des liaisons multiples entre atomes d'une même molécule.

La présence de liaisons multiples dans un corps diamagnétique est en effet caractérisée par une baisse brusque du diamagnétisme, qui s'atténue cependant par l'introduction d'un groupement oxygéné au voisinage de la liaison multiple.

Or les composés polyhalogénés jouissent essentiellement de cette dernière propriété, comme l'ont montré les recherches précédentes complétées par l'étude du chloral, des trichloracétates, tribromacétates, et d'autres encore en cours d'exécution.

On peut donc se demander si le champ magnétique ne prend pas sur le fait les valences supplémentaires (ou contre-valences) des halogènes, qui interviennent dans les théories de Blomstrand, Jörgensen et Werner sur la structure de sels complexes. Il y aurait, dans les cas précédemment étudiés, saturation mutuelle de ces contre-valences toutes les fois que les halogènes voisinent dans une même molécule, et à chaque complication nouvelle de

cette saturation mutuelle correspondrait la chute d'une fraction constante du diamagnétisme des atomes correspondants.

Il n'est donc pas téméraire d'espérer que l'analyse magnétochimique permettra de donner de l'atome diamagnétique une image rappelant celle que M. Weiss propose pour représenter l'atome paramagnétique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux nouveaux composés du chlorure stanneux avec l'ammoniaque.* Note de M. **Ath.-I. Sofianopoulos.**

L'action de l'ammoniaque sur le chlorure stanneux a été d'abord étudié par Persoz [1] qui, en chauffant ce dernier corps avec le gaz ammoniac sec, a obtenu un composé ayant la formule $SnCl^2.NH^3$. En saturant une dissolution de chlorure stanneux par l'ammoniaque jusqu'à redissolution de l'hydrate formé, Berzélius, de son côté, a préparé le même corps.

En reprenant les expériences de Persoz j'ai remarqué que l'absorption de l'ammoniac par le chlorure en question se produit déjà aux basses températures, et même au-dessous de zéro. Dès lors il y a formation d'un autre composé représenté par la formule $SnCl^2.2NH^3$, qui est aussi stable à la température ordinaire.

On pourrait se rendre compte de cette absorption, par exemple à la température ordinaire, en introduisant une quantité de chlorure stanneux, préalablement desséché dans le vide sulfurique, dans un eudiomètre à mercure contenant de l'ammoniac parfaitement sec. On observe alors que le sel, d'abord incolore, se transforme en une poudre jaune pendant que le mercure monte dans l'eudiomètre.

Pour obtenir ce nouveau composé défini, nous plaçons dans un large tube en verre une couche mince de chlorure stanneux en poudre bien sèche et nous le faisons traverser par de l'ammoniac gazeux, préparé par décomposition de chlorure d'ammoniaque au moyen de la chaux. Le gaz passe d'abord par trois dessiccateurs à chaux vive, puis par un serpentin de verre refroidi extérieurement à l'aide d'un mélange réfrigérant de glace et de sel marin; le même mélange doit aussi refroidir le tube contenant le chlorure stanneux. En refroidissant ainsi on parvient à neutraliser la chaleur de combinaison qui se développe lors de la formation du composé en question; autrement ce même composé, en se dissociant, donnerait naissance au produit $SnCl^2.NH^3$.

L'attaque par l'ammoniaque doit être aussi prolongée que possible et jusqu'à ce que

(1) *Ann. de Ch. et de Phys.*, t. XLIV, 1830, p. 315.

le contenu du tube présente une coloration homogène jaune clair. Le produit préparé ainsi doit être conservé dans un flacon coloré, à l'abri de la lumière.

L'analyse effectuée d'après les procédés ordinaires a donné en moyenne les chiffres suivants :

	Pour 100.
Sn	53,22
Cl	31,64
NH^3	15,11

Les chiffres calculés correspondants à la formule $SnCl^2 . 2NH^3$ sont :

	Pour 100.
Sn	53,14
Cl	31,67
NH^3	15,19

Le chlorure d'étain biammoniacal se présente sous la forme d'une poudre jaune amorphe, de l'odeur de l'ammoniaque et de saveur piquante. Si on l'expose à l'obscurité en présence de l'air il reste inaltérable ; sous l'influence de la lumière directe ou diffuse il noircit et se décompose par l'action de la vapeur atmosphérique en se transformant en sous-oxyde d'étain et en chlorure d'ammoniaque d'après la formule

$$SnCl^2 . 2NH^3 + H^2O = SnO + 2NH^4Cl.$$

Il est décomposé de la même façon par l'eau, lentement à froid et plus rapidement à l'ébullition. Il est réduit par l'hydrogène à chaud en donnant naissance à des vapeurs de chlorhydrate d'ammoniaque et à de l'étain métallique. Chauffé à l'air, il dégage de l'ammoniaque pendant que le chlorure stanneux se sublime. Il est aussi décomposé par les alcalis et les acides minéraux. Enfin le produit est insoluble dans les divers dissolvants organiques.

Si, dans l'expérience précédente, nous faisons passer le gaz ammoniac sur du chlorure stanneux sans le refroidir, c'est-à-dire à la température ambiante, nous obtenons un mélange du corps décrit et du composé $SnCl^2 . NH^3$, qui, comme il a été déjà dit, fut étudié par Persoz. En opérant à la température de la vapeur d'eau, que nous faisons circuler autour du tube contenant le chlorure stanneux, nous arrivons à la formation de ce dernier produit à l'état pur.

Une autre combinaison a lieu par l'action du gaz ammoniac sur le chlo-

rure stanneux à une température plus élevée. Cette réaction commence à partir de 120°, mais elle se produit plus vite et plus convenablement si l'on élève la température jusqu'à 300°. Dans ce but nous chauffons le tube contenant le chlorure stanneux dans un four à gaz ordinaire et à petites flammes; il ne faut pas dépasser la température mentionnée, car, à partir de 350°, le produit subit une réduction, en se transformant partiellement ou totalement, suivant la température, en chlorure d'ammoniaque et en étain métallique.

Le corps obtenu à la température de 300° forme une masse cristalline de couleur rouge brun, qui soumise à l'analyse nous a donné en moyenne les résultats suivants :

	Pour 100
Sn	67,05
Cl	26,61
NH^3	6,32

Ces chiffres conduisent à la formule $3SnCl^2.2NH^3$ dont la composition théorique est :

	Pour 100.
Sn	66,99
Cl	26,62
NH^3	6,39

Cette nouvelle combinaison présente une double réfraction puissante. La densité est $d_{12} = 3,94$, et elle a été déterminée dans l'essence de térébenthine ou dans l'huile de vaseline.

Elle paraît être la plus stable des combinaisons de l'ammoniac avec le chlorure stanneux; elle se conserve inaltérable à l'air; l'eau et l'alcool la décomposent lentement à froid et plus vite à chaud, selon la réaction

$$3SnCl^2.2NH^3 + H^2O = 2SnCl^2 + SnO + 2NH^4Cl.$$

Si l'on chauffe le nouveau composé dans une atmosphère d'hydrogène, il est réduit en donnant naissance au chlorure d'ammonium, à l'acide chlorhydrique et à l'étain métallique selon l'équation

$$3SnCl^2.2NH^3 + 3H^2 = 2NH^4Cl + 4HCl + 3Sn.$$

Chauffé à l'air il perd son ammoniaque; le chlorure stanneux se sublime. Avec les alcalis, il donne de l'ammoniaque libre. Les acides le décomposent d'une façon analogue à celle notée pour le produit $SnCl^2.2NH^3$. Le sel est aussi insoluble dans les dissolvants organiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation d'un amalgame d'arsenic.* Note de M. E. **Dumesnil**, présentée par M. Armand Gautier.

L'amalgame d'arsenic n'a pu être jusqu'ici obtenu par la combinaison directe du mercure et de l'arsenic. Il a été préparé par MM. Partheil, Amort et Gronover [1] en faisant agir l'hydrogène arsénié sur le bichlorure de mercure en solution alcoolique. Cette réaction, ainsi que l'ont montré les auteurs, présente plusieurs phases, au cours desquelles se forment les composés suivants : $AsH^2, HgCl$; $AsH(HgCl)^2$; $As(HgCl)^3$ et enfin l'amalgame As^2Hg^3.

La préparation de l'amalgame d'arsenic peut être réalisée plus commodément en réduisant, dans certaines conditions, par l'acide hypophosphoreux, un mélange de solutions d'acide arsénieux et de bichlorure de mercure.

Mode opératoire. — On dissout 10g d'anhydride arsénieux pur dans 100g d'acide chlorhydrique cencentré ; on dissout d'autre part 40g,65 de bichlorure de mercure dans 700g à 800g d'acide chlorhydrique dilué au cinquième ; on mélange les deux solutions et l'on filtre; on ajoute alors 60g d'hypophosphite de soude pur ; on agite de temps en temps, puis on abandonne le mélange à lui-même plusieurs heures, et on le porte à l'ébullition pendant quelques instants. Il se forme un précipité grenu noir, très homogène, d'aspect léger, que le microscope montre formé de cristaux mamelonnés de teinte brun noirâtre, jaune brun dans les lamelles minces. Après refroidissement on le sépare par filtration, on le lave à l'eau bouillie chaude et on le sèche dans le vide.

Les proportions des corps réagissants indiquées ci-dessus sont calculées pour la production de l'amalgame As^2Hg^3, sans excès de l'un des composants. Si l'on met en présence un excès de bichlorure de mercure, on obtient un mélange d'amalgame et de mercure qu'on peut facilement séparer, d'une part en vertu de leur densité très différente et d'autre part, en raison de l'état liquide sous lequel on peut facilement amener le mercure ; toutefois ce dernier retient en solution le huitième environ de son poids d'amalgame d'arsenic.

L'amalgame d'arsenic chauffé dans un tube à essai se volatilise sans fondre en donnant un sublimé formé d'acide arsénieux en très petite quantité, d'arsenic et de mercure métalliques.

Analyse. — L'analyse du produit a été faite par le procédé suivant qui réalise facilement et quantitativement la séparation du mercure et de l'arsenic.

On dissout 1g d'amalgame environ, dans quelques centimètres cubes d'eau

---

(1) *Archiv der Pharm.*, t. CCXXXVII.

régale et l'on chauffe à l'ébullition pendant 1 minute; on dilue la liqueur dans l'eau distillée; à la solution refroidie on ajoute de la lessive de soude pure en léger excès, il se forme un précipité d'oxyde jaune de mercure, tandis que l'acide arsénique formé reste en solution. On laisse déposer pendant quelques heures et l'on ajoute de l'eau distillée pour parfaire le volume de 100^{cm^3}; on filtre sur un filtre sans plis. On lave le précipité d'oxyde jaune, tant que l'eau de lavage précipite par addition de nitrate d'argent en présence d'acide nitrique. On dissout le précipité sur le filtre au moyen d'acide nitrique au $\frac{1}{3}$, on amène la solution au volume de 100^{cm^3} et l'on y dose le mercure par la méthode cyano-argentimétrique de Denigès ou par pesée à l'état de calomel.

Dans une partie aliquote de la liqueur séparée par filtration de l'oxyde jaune de mercure, l'arséniate de soude est dosé volumétriquement par l'urane en se servant du ferrocyanure de potassium comme indicateur.

Nous avons fait différents dosages qui nous ont toujours donné des chiffres comparables à ceux de l'expérience suivante :

Expérience. — Prise d'essai $1^g,007$.

	Trouvé.	Pour 100.	Calculé.	Pour 100.
Hg...............	0,802	79,64	0,8056	80
As...............	0,196	19,46	0,2014	20

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition pyrogénée des xanthates métalliques.* Note de M. **Alexandre Hébert**, présentée par M. Armand Gautier.

On a préparé un assez grand nombre de xanthates métalliques par voie directe ou par double décomposition. La plupart de ces corps ont été obtenus à l'état cristallisé ; mais la décomposition de ces substances par la chaleur a été peu étudiée. Zeise avait constaté (¹) que les xanthates se décomposent à chaud en fournissant principalement de l'anhydride carbonique, de l'hydrogène sulfuré, du sulfure de carbone et une huile sulfurée (*xantogenol*) qui paraît être un mélange de sulfure et de sulfhydrate d'éthyle et d'un autre composé sulfuré. Plus tard, Fleischer et Hanke, étudiant l'action de la chaleur sur les xanthates alcalins à l'état sec ou humide (²), ont obtenu, par distillation pyrogénée, des xanthates de potassium et de sodium, du sulfure de carbone, du mono- et du bisulfure d'éthyle et de l'oxysulfure de carbone. Les xanthates alcalins humides produisent en outre de

(¹) *Schw. Journ.*, t. XXXVI, p. 1, et t. XLIII, p. 160.
(²) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. X, p. 1293.

l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, de l'alcool et du mercaptan. Le résidu est formé par un mélange de carbonate et de sulfure. Le xanthate de plomb se comporte comme les sels alcalins secs.

Nous avons été amené à reprendre méthodiquement cette question et nous avons à cet effet préparé, par double décomposition, les xanthates des différents types de métaux : baryum, fer, cobalt, nickel, zinc, cuivre, mercure, argent, étain. Ces sels, bien lavés à l'eau, puis à l'alcool, ont été séchés à froid dans le vide sur l'acide sulfurique.

La décomposition pyrogénée des divers xanthates a été effectuée pour tous *d'une façon identique*.

Les substances pulvérisées sont introduites dans un ballon de Wurtz, qu'on chauffe au bain de limaille de fer réglé pour obtenir une température sensiblement uniforme de 350° environ. Les produits distillés sont condensés dans un grand tube en U muni d'une tubulure inférieure aboutissant dans un flacon fermé, le tout est placé dans un vase rempli d'eau courante. Les produits gazeux non condensés sont ensuite recueillis dans des éprouvettes où ils sont mesurés. Les liquides distillés étaient ultérieurement fractionnés soigneusement pour pouvoir en séparer et caractériser les principaux composants.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant. Tous les chiffres sont rapportés à 100g des divers xanthates étudiés :

DÉCOMPOSITION PYROGÉNÉE DES XANTHATES MÉTALLIQUES (RÉSULTATS RAPPORTÉS A 100g DE SEL).

	Nature des sels.										
Produits gazeux.	K.	Ba.	Fe.	Co.	Ni.	Zn.	Cu.	Pb.	Hg.	Ag.	Sn
	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l
Hydrogène sulfuré.....	1,00	2,80	3,25	4,25	0,91	4,76	3,33	0,80	3,00	3,00	2,92
Acide carbonique......	8,50	1,00	1,75	5,75	5,89	5,24	5,17	1,06	2,00	2,00	1,23
Gaz combustibles......	0,50	0,20	tr. peu	tr. peu	tr. peu	tr. peu	tr. peu	1,60	tr. peu	tr. peu	tr. peu
Total.............	10,00	4,00	5,00	10,00	6,80	10,00	8,50	4,00	5,00	5,00	4,15
Produits liquides											
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Au-dessous de 100°....	13,75	5,00	27,50	33,75	2,28	18,10	6,00	8,32	1,20	traces	29,10
Entre 100° et 190°.....	8,75	30,00	26,25	3,75	2,28	12,30	14,20	19,99	3,10	1,25	traces
Entre 190° et 210°.....	»	»	»	»	44,29	»	11,90	»	2,50	32,50	»
Résidu au-dessus de 210°.	2,50	2,00	1,25	2,50	1,15	2,40	0,90	5,00	0,60	1,25	4,20
Total............	25,00	37,00	55,00	40,00	50,00	32,80	33,00	33,31	7,40	35,00	33,30
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Résidu...............	55,0	60,0	35,0	40,0	41,0	43,0	47,0	60,0	85,0	60,0	58,0

Les volumes de gaz dégagés sont assez importants, mais irréguliers; ils se composent surtout d'hydrogène sulfuré et d'anhydride carbonique avec une petite quantité de gaz combustibles renfermant un peu d'oxyde de carbone.

Les quantités de liquide qui distillent sont également très variables; ils contiennent presque toujours, ainsi que l'indiquent les points d'ébullition de leurs diverses fractions que nous n'avons pas détaillées ici, du sulfure et de l'oxysulfure de carbone, de l'alcool, du mercaptan éthylique, du mono- et du bisulfure d'éthyle. Mais, dans le cas des xanthates de nickel, de cuivre, de mercure et d'argent, ils se composent en grande majorité, et pour le nickel et l'argent en presque totalité, d'un produit passant entre 190° et 200°, que nous avons caractérisé comme étant de l'éthylxanthate d'éthyle $C^2H^5O.CS.SC^2H^5$, d'après ses caractères physiques, sa teneur en soufre (42,67 et 43,14 pour 100; calculé 42,66 pour 100) et sa décomposition par l'ammoniaque alcoolique qui donne du mercaptan et l'éther éthylique de l'acide thiocarbaminique $NH^2.CS.OC^2H^5$, fusible à 38°. Ce nouveau mode de formation de l'éthylxanthate d'éthyle n'avait pas encore été signalé.

Les proportions de résidu solide non distillables à 350° sont aussi très variables; elles se composent de sulfure et de carbonate ou d'oxyde des métaux correspondants.

Les sels de potassium, baryum, fer, cobalt, zinc, plomb, étain, donnent sensiblement les mêmes sortes de produits, tandis que les xanthates de nickel, cuivre, mercure et argent fournissent surtout de l'éthylxanthate d'éthyle.

Il est remarquable de constater que les xanthates de fer, de cobalt et de nickel, dont les métaux sont si voisins, donnent des produits différents.

En tout cas, la distillation sèche du xanthate de mercure, et surtout du xanthate de nickel, fournit un mode de préparation commode de l'éthylxanthate d'éthyle aux chimistes que ne rebutent pas l'odeur infecte, les maux de tête et les nausées qu'occasionnent ce corps.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le carbone en présence de la chaux.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

La décomposition de la vapeur d'eau par le carbone, à haute température, a été mentionnée par Fontana, il y a plus de 100 ans.

Elle s'effectue principalement suivant la réaction

$$C + H^2O = CO + H^2,$$

qui est endothermique et s'accompagne d'une absorption de chaleur correspondant (eau, vapeur) à $-29^{Cal},1$.

Cette réaction est utilisée industriellement pour la production du gaz d'eau.

J'ai trouvé qu'en faisant agir, vers 600°-800°, la vapeur d'eau sur un mélange homogène et intime de carbone (ou d'un composé riche en carbone) et de chaux, il se produisait les réactions suivantes :

1° $$C + CaO + 2(H^2O) = CO^3Ca + 2(H^2),$$
2° $$2C + CaO + 2(H^2O) = CO^3Ca + CH^4,$$
3° $$3C + CaO + 2(H^2O) = CO^3Ca + C^2H^4.$$

Ces trois réactions sont exothermiques et dégagent (eau, vapeur, carbone amorphe) :

Éq. 1°...... $+25^{Cal}$ Éq. 2°...... $+47^{Cal}$ Éq. 3°..... $+17^{Cal}$

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les expériences qui justifient ces réactions.

Expériences. — On constate d'abord que la vapeur d'eau est décomposée à plus basse température, et plus rapidement, par un mélange de carbone et de chaux, que par le carbone seul.

En faisant passer un courant de vapeur d'eau sur un mélange intime et homogène de chaux et de diverses matières riches en carbone, placé dans un tube de porcelaine, chauffé vers 600°-800°, j'ai recueilli des gaz ayant la composition suivante :

	10g coke de gaz + 35g chaux vive.	10g noir de fumée + 35g chaux vive.	20g sciure de bois + 35g chaux vive.
	pour 100	pour 100	pour 100
Hydrogène..	65,01	58,74	56,60
Méthane.............	25,08	25,50	23,50
Oxyde de carbone......	4,95	10,89	16,21
Oxygène.............	1,00	1,00	0,70
Azote................	3,96	3,87	2,99

La quantité de vapeur d'eau intervenant dans la réaction joue un rôle important; il en est de même de la durée du contact entre le méthane formé et la vapeur d'eau en excès, à la température de la réaction.

La vapeur d'eau en effet décompose le méthane, suivant

$$CH^4 + H^2O = CO + 3(H^2).$$

Avec un excès de vapeur d'eau et une réaction menée lentement, on a pour le même mélange chaux-carbone, et pour la même température (600°-800°) :

	15^g H^2O en 2 heures.	5^g H^2O en 35 minutes.
Méthane (pour 100)...........	7,92	28,05

En employant des proportions convenables de carbone associé à la chaux, on peut former des quantités croissantes, mais paraissant limitées d'éthylène. Une opération portant sur le mélange C, 40 pour 100, CaO, 60 pour 100, a donné :

Éthylène (pour 100).............	3,6	3,3

Avec des conditions favorables à la formation du méthane, j'ai obtenu :

	I.	II.	III.
Hydrogène.................	69,30	65,67	61,38
Méthane...................	20,46	24,75	25,41
Oxyde de carbone...........	5,28	4,62	7,26
Oxygène....................	0,60	0,40	1,20
Azote......................	3,96	3,86	4,75
Acide carbonique...........	0,40	0,70	0,00

Si l'on récapitule les réactions précédentes, on voit qu'il est possible de gazéifier le carbone des composés organiques, en faisant intervenir la vapeur d'eau en présence de la chaux. En régénérant ensuite la chaux par décomposition du carbonate de chaux formé, on obtient

$$2(C) + CaO + 2(H^2O) = CO^3Ca + CH^4,$$
$$CO^3Ca = CO^2 + CaO,$$

et en simplifiant

$$2(C) + 2(H^2O) = CO^2 + CH^4.$$

Le méthane se formant à une température inférieure à la température de décomposition du carbonate de calcium, il est possible de recueillir séparément ces deux gaz.

La formation du méthane, par l'action de la vapeur d'eau sur les composés organiques, en présence de la chaux, appelle une autre observation.

Elle peut expliquer la formation du gaz des marais et des gaz naturels, dans lesquels domine le méthane : à ce titre, la réaction étudiée semble avoir concouru à la formation des pétroles.

On conçoit, en effet, que des débris végétaux ou animaux (composés riches en carbone), au contact des dépôts calcaires existant dans le sol,

aient pu donner naissance, en présence de l'eau, à de l'hydrogène et à des carbures d'hydrogène [1].

Ces gaz, par des réactions et des condensations successives, sous l'influence du temps de la température et de la pression, ont abouti au pétrole actuel.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques bismuthures définis.* Note de M. **Paul Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans le dernier numéro des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* se trouve insérée une Note de M. A.-G. Vournasos *Sur quelques bismuthures définis.*

Dans cette publication, l'auteur décrit un procédé de préparation des bismuthures alcalins basé sur l'union directe du bismuth avec le métal employé en excès. Le métal non combiné est ensuite éliminé en utilisant sa solubilité dans le gaz ammoniac liquéfié.

Nous rappelons que nous avons décrit une méthode générale de préparation des arséniures, des antimoniures et des alliages définis des métaux alcalins parmi lesquels le bismuthure de sodium $BiNa^3$ et le stannure de sodium $SnNa^4$.

Le procédé indiqué par nous ne diffère de celui de M. Vournasos que par une simplicité plus grande dans l'application.

Il a fait l'objet d'une Communication à l'Académie des Sciences, dans la séance du 9 février 1900.

CHIMIE MINÉRALE. — *Température d'attaque de l'eau par les métaux alcalins.* Note de MM. **L. Hackspill** et **R. Bossuet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Bien qu'aucune expérience précise ne le justifie, il semble généralement admis que l'eau à l'état solide ne réagit pas sur les métaux alcalins.

Il nous a paru intéressant d'étudier expérimentalement cette question. Pour avoir un résultat concluant, il fallait produire la condensation de la

(1) Voir aussi *Formation de carbures d'hydrogène à partir de l'oxyde de carbone* (*Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. IX, 2 octobre 1910, p. 18).

vapeur d'eau sur du métal parfaitement propre, refroidi à basse température. Voici comment nous avons réalisé ces conditions :

Un tube de verre de $1^{cm},5$ à 2^{cm} de diamètre et de 30^{cm} à 35^{cm} de long présente un étranglement en son milieu. Il est mis en communication à une extrémité par un tube de plomb avec une trompe de Guichard, et par une soudure latérale avec une ampoule contenant de l'eau et fermée par un robinet de Geissler, capable de tenir un vide de $0^{mm},001$. On introduit à l'autre extrémité une petite quantité de potassium par exemple, et l'on ferme le tube en l'étirant. Le vide est fait dans tout l'appareil maintenu horizontalement, le robinet étant ouvert et l'eau refroidie à —86°. Puis, le robinet fermé, on chauffe électriquement de façon à obtenir la distillation du métal sur la plus grande surface possible. Après avoir scellé au chalumeau pour séparer le potassium non distillé, le tube est amené à la position verticale, et introduit dans un mélange d'acétone et de neige carbonique à — 86°. Le robinet étant alors ouvert de nouveau, on obtient, au bout de quelques instants, la condensation de cristaux de glace sur le potassium. Presque aussitôt, la pression, qui était inférieure au $\frac{1}{1000}$ de millimètre, remonte aux environs de $\frac{1}{50}$ et, au bout de 5 ou 6 minutes, une bulle entraînée par la chute vient passer dans une éprouvette placée sur la cuve de la trompe. Au bout d'une demi-heure, la quantité de gaz recueillie est suffisante pour permettre de constater que l'on se trouve bien en présence d'hydrogène.

Le sodium donne un résultat analogue, mais le dégagement d'hydrogène est encore moins rapide. La température s'élevant lentement, la vitesse de réaction ne semble pas augmenter sensiblement tant que le point de fusion de la glace n'est pas atteint, cela peut s'expliquer par la formation d'une couche protectrice d'hydrate.

La même expérience étant répétée en remplaçant la neige carbonique par l'azote liquide, aucune augmentation de pression ne se produit même au bout de 2 heures.

La température d'attaque est donc comprise entre — 200° et — 86°. Pour la déterminer d'une façon plus précise on peut se servir de pentane refroidi dans l'azote liquide auquel on laisse reprendre lentement la température du laboratoire.

L'appareil monté comme précédemment, la condensation de la glace s'obtient au moyen d'azote ou d'air liquide, puis l'éprouvette contenant ce corps est rapidement remplacée par une autre remplie de pentane à —130° environ.

Dans un Dewar argenté de $3^{cm},5$ de diamètre bouché par du coton, il faut environ 20 heures pour revenir à 0°, et à chaque instant la température est uniforme si l'on a soin d'agiter fréquemment le liquide.

Dès que l'on n'entend plus le bruit causé par la chute du mercure dans la trompe et que la jauge indique une augmentation de pression, on peut admettre que l'attaque commence. La température est indiquée par un thermomètre Baudin à isopentane.

L'attaque de l'eau par le cæsium est visible à $-116°$; par le rubidium à $-108°$; par le potassium à $-105°$; par le sodium à $-98°$.

L'action chimique des corps solides les uns sur les autres ayant souvent été mise en doute, il est permis de se demander si, dans le cas présent, la glace n'agit pas par la vapeur qu'elle émet. L'expérience répétée à $-86°$ en séparant complètement la glace du métal fournit encore un dégagement d'hydrogène, mais beaucoup plus lent que précédemment. Ceci peut s'expliquer par la faible tension de vapeur de l'eau à cette température et par la lenteur avec laquelle se produit sa diffusion. La tension de vapeur de la glace a été mesurée par M. Thiessen (¹) jusqu'à $-65°$, température pour laquelle elle est de $0^{mm},002$. Si l'on extrapole en appliquant la formule empirique

$$\log\frac{p}{p_0} = 8,891\,\frac{t}{252+t},$$

où p est la pression à la température t, et p_0 la pression de saturation à $0°$, on trouve $p_{-86} = 0,00109$.

Deux volumes de H^2O donnant un volume d'hydrogène, il faudra que l'atmosphère du tube soit renouvelée 100 fois pour qu'il y ait une pression de $0^{mm},05$. On conçoit que cela demande un temps beaucoup plus long que lorsque les deux corps solides étant en contact, la vapeur émise par la glace n'a pour entrer en réaction qu'à parcourir une très petite distance.

En résumé, les métaux alcalins réagissent sur l'eau aux environs de $-100°$. La température d'attaque va en s'élevant dans l'ordre cæsium, rubidium, potassium, sodium, et il semble bien que ce soit la vapeur émise et non la glace qui agisse dans ces conditions. Ce dernier fait ne peut évidemment pas être affirmé, car s'il est facile de faire agir la vapeur sans le solide, l'inverse est irréalisable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les gaz dégagés des parois des tubes de verre, de porcelaine et de silice.* Note (²) de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

De nombreuses études ont été faites, dans ces dernières années, sur l'extraction des gaz des métaux chauffés dans le vide.

(¹) Thiessen, *Annalen der Physik*, t. XXVIII, 1909, p. 1057.

(²) Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

D'autre part, diverses méthodes d'analyse sont basées sur l'absorption de gaz par des corps solides chauffés dans des tubes de verre, de porcelaine ou de silice.

Ayant moi-même entrepris des travaux sur ces dégagements et ces absorptions de gaz, j'ai pensé qu'il convenait, dans des recherches préliminaires, de déterminer l'importance des erreurs qui pourraient provenir des dégagements gazeux issus des parois des tubes soumis à une élévation de température, car, d'une part, ces gaz peuvent se mêler à ceux qu'on veut extraire d'un métal, d'autre part, leur dégagement peut changer le poids des tubes employés.

La méthode la plus précise, pour déceler les dégagements de gaz des parois des tubes, consiste à suivre, à une température donnée, les variations de pression qui se produisent dans l'appareil, à l'aide d'une jauge de Mac Leod. Un manomètre ordinaire ne suffit pas, lorsque les dégagements sont très lents, ou lorsque les appareils ont un volume assez considérable.

Une quantité de gaz qui serait difficilement mesurable en volume, ou en poids, est très facile à mettre en évidence par une mesure de pression faite avec une jauge sensible.

Le détail des expériences ne pouvant trouver place ici (¹), je donnerai seulement les conclusions de ce travail.

Les tubes de verre d'Iéna donnent à froid, sous très basse pression, un dégagement gazeux négligeable.

A 600°, ce dégagement est un peu plus rapide; il se limite bientôt pour reparaître lorsqu'on abaisse la pression, puis cesse ensuite définitivement.

La totalité des gaz dégagés, pour une surface de verre d'Iéna voisine de 100^{cm}, peut être évaluée à $0^{cm^3},03$ dont le poids serait de $\frac{1}{20}$ de milligramme environ.

Un tube ainsi privé de son gaz superficiel est capable de reprendre à l'air, en quelques heures, environ le tiers de la quantité qu'il avait fixée tout d'abord.

Il peut être utile de tenir compte de ces très petites quantités de gaz dégagés ou fixés, dans les travaux très précis.

Les gaz qu'on peut extraire des tubes de porcelaine doublement vernis sont en quantités extrêmement variables.

Avec un de ces tubes, on a observé :

A 15°, en 1 heure 30 minutes, à partir de $0^{mm},004$ de pression interne, un accroissement moyen de $0^{mm},005$ par heure.

Puis en 40 heures, à partir de $0^{mm},012$ de pression interne, un accroissement moyen de $0^{mm},001$ par heure.

(¹) Voir *Bull. Soc. chim.*, 1911, nº 9.

A 1100°, en 35 minutes, à partir de $0^{mm},19$ de pression interne, un accroissement moyen de $0^{mm},39$ par heure.

Après 8 heures de chauffe et les gaz ayant été extraits :

A 1100°, en 2 heures 30 minutes, à partir de $0^{mm},24$, un accroissement moyen de $0^{mm},03$ par heure.

Le dégagement diminue donc avec le temps.

En outre, la vitesse du dégagement est d'autant plus grande que la pression initiale est plus faible et elle semble s'annuler avant qu'on atteigne 1^{mm}; en effet, on observe :

A 1170°, en 4 heures 50 minutes, à partir de $0^{mm},09$, un accroissement de $0^{mm},11$ par heure.

A 1170°, en 2 heures, à partir de $0^{mm},63$, un accroissement nul.

A 1170°, en 1 heure 15 minutes, à partir de $0^{mm},075$, un accroissement de $0^{mm},11$ par heure.

La totalité du gaz tiré de ce tube forme $2^{cm^3},1$ à 20° et 746^{mm}; on y trouve $0^{cm^3},3$ d'anhydride carbonique, $0^{cm^3},3$ d'oxygène, $1^{cm^3},5$ d'azote, pour une surface chauffée de 117^{cm^2}. Volume de l'appareil 429^{cm^3}.

Dans la partie chauffée, l'émail intérieur ressemble à une écume, il présente une infinité de petites bulles, en partie crevées. Vers 1100°, la couverte ramollie laisse échapper les gaz qu'elle contient, ceux qui se trouvent entre elle et la porcelaine et même ceux qui peuvent se trouver dans la porcelaine elle-même.

Un second tube d'une autre provenance a présenté un dégagement du même genre, mais un peu moins abondant : il a donné $0^{cm^3},85$ de gaz formé d'azote avec un peu de gaz carbonique ($0^{cm^3},25$) et des traces d'oxygène; surface chauffée : 106^{cm^2}. La vitesse du dégagement était ensuite à 1100°, à partir de $0^{mm},01$, de $0^{mm},08$ par heure.

Enfin, un troisième tube de la même fabrication que le premier, n'a presque pas dégagé de gaz, bien qu'ayant été chauffé jusqu'à 1300°. Il a donné :

A 640°,	à partir de	$0^{mm},09$,	un accroissement moyen de	$0^{mm},007$	par heure.
A 1140°,	»	$0^{mm},15$,	»	$0^{mm},01$	»
A 1160°,	»	$0^{mm},017$,	»	$0^{mm},06$	»
A 1160°,	»	$0^{mm},004$,	»	$0^{mm},02$	»
A 1300°,	»	$0^{mm},3$	»	nul.	

Le gaz total recueilli ici formait environ $0^{cm^3},1$ pour une surface chauffée de 117^{cm^2}. Le dernier tube ne présente aucune bulle dans la partie chauffée, l'émail est seulement un peu ondulé.

Les tubes de silice opaque sont visiblement criblés de fins canaux contenant des gaz.

Un tel tube chauffé pendant 12 heures à 800°, puis 2 heures 30 minutes à 1040°, a donné $2^{cm^3},45$ de gaz contenant de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène en quantités égales et un peu de gaz carbonique. Ce tube donnait ensuite à 1040°, à partir de $0^{mm},99$, un accroissement de $0^{mm},76$ par heure; il est donc très riche en gaz (surface chauffée : 130^{cm^2}; volume de tout l'appareil : 419^{cm^3}).

Si l'on veut atteindre quelque précision dans les mesures de dégagement ou d'absorption des gaz à haute température, il semble donc convenable d'étudier au préalable les tubes employés, en mesurant, à l'aide d'une jauge sensible, les vitesses des dégagements gazeux qu'ils peuvent donner, sous basse pression. On se rendra alors compte du degré d'exactitude que l'on peut espérer réaliser dans des expériences de cette nature et l'on pourra rejeter certains tubes absolument défectueux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de préparation de certains alcools acétyléniques vrais.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. 150, p. 113), j'ai indiqué comment, en condensant l'acroléine monobromée avec le bromure de méthylmagnésium, j'avais obtenu un alcool éthylénique bromé qui, sous l'action de la potasse, avait donné le méthylacéténylcarbinol. Ce mode de préparation des alcools acétyléniques vrais possédant leur oxhydrile au voisinage immédiat des deux atomes de carbone triplement liés est évidemment général, et en effet j'ai pu, par le même procédé, arriver à l'éthyl- et au propylacéténylcarbinol. Voici deux des composés ainsi préparés :

L'alcool $CH^2 = CBr - CHOH - CH^2 - CH^3$ est un liquide incolore bouillant à 165°-166° sous 765^{mm}. Sa densité à 15°,5 égale 1,351; son indice de réfraction pour la raie D est 1,482. Sa phényluréthane, après cristallisation dans l'alcool, fond à 42°-44°.

Attaqué par la potasse cet alcool fournit un peu d'acétylène, divers acides parmi lesquels l'acide butyrique et l'éthylacéténylcarbinol.

L'alcool $CH \equiv C - CHOH - CH^2 - CH^3$ bout à 125° sous 761^{mm}. A 15° sa densité égale 0,8926; son indice pour la raie D est 1,4347, ce qui correspond à une réfraction moléculaire de 24,54.

Cet alcool donne, avec le chlorure cuivreux ou avec le nitrate d'argent, les précipités habituels aux composés acétyléniques vrais, mais ce mode de caractérisation n'est ici sensible qu'à la condition d'écarter l'ammoniaque dans les deux cas et aussi l'alcool éthylique dans le cas du nitrate d'argent.

Le précipité argentique s'obtient très bien cristallisé en aiguilles par addition progressive d'une solution aqueuse de nitrate d'argent à une solution étendue de l'alcool acétylénique dans l'eau. Il est alors blanc mais brunit assez rapidement à la lumière; chauffé il fond et peu après déflagre violemment. On y constate facilement la présence du groupe NO^3; le dosage

de l'argent est d'accord avec la formule

$$C^5H^7OAg, NO^3Ag$$

(Ag trouvé 59,27, calculé 59,83).

Ce composé est assez soluble dans l'alcool éthylique, dans l'alcool dont il dérive, ainsi que dans les solutions de nitrate d'argent pour que sa production puisse passer inaperçue si l'on opère, comme on le fait habituellement pour l'acétylène, l'allylène ou le bipropargyle, avec le nitrate d'argent ammoniacal ou alcoolique.

Ce n'est pas le seul exemple de précipitation du nitrate d'argent en solution aqueuse par un composé acétylénique vrai : M. Moureu (*Comptes rendus*, t. 151, p. 947) indique le cyanacétylène comme donnant ainsi un précipité; M. G. Dupont, dans mon laboratoire, avait précédemment fait la même observation sur le butine-1; le fait doit donc être général; il resterait à voir si, comme dans le cas actuel, le nitrate d'argent aqueux n'est pas le réactif de choix.

De même la formation du dérivé cuivreux de l'éthylacétènylcarbinol, qui peut facilement passer inaperçue si l'on utilise le chlorure cuivreux ammoniacal, est toujours très nette avec le chlorure cuivreux en suspension dans l'eau; la poussière blanche se transforme rapidement en poussière jaune très soluble dans l'ammoniaque.

A l'aide de ce dérivé cuivreux, j'ai préparé l'alcool triiodé

$$CI^2 = CI - CHOH - CH^2 - CH^3,$$

qui, après dissolution dans le sulfure de carbone chaud, se dépose par refroidissement en cristaux fondant à 142°-144°.

Le mode de préparation d'alcools acétyléniques qui vient d'être décrit a l'inconvénient de nécessiter l'emploi de l'acroléine monobromée, corps extrêmement pénible à manier et ne s'obtenant à partir de l'acroléine qu'avec des rendements assez médiocres. On pouvait se demander s'il ne serait pas plus avantageux de prendre comme point de départ les alcools

$$CH^2 = CH - CHOH - R.$$

Plusieurs de ceux-ci ont été préparés en faisant agir l'acroléine sur les zincs alcoyles; en utilisant les composés organomagnésiens mixtes, j'ai obtenu également ces alcools, mais avec des rendements pas très élevés.

J'ai en particulier préparé ainsi l'allyléthylcarbinol de M. Wagner; je lui ai fait absorber 2^{at} de brome, ce qui m'a conduit au dibromo-1.2-pentanol-3.

L'alcool $CH^2Br - CHBr - CHOH - CH^2 - CH^3$ est un liquide que Wagner indique comme non distillable et perdant spontanément de l'acide bromhydrique; il passe cependant à 105°-109° sous 13^mm et se conserve aussi bien que les dibromhydrines de la glycérine ordinaire; sa phényluréthane fond à 92°-93°.

Traité par l'éthylate de sodium, cet alcool perd 1^mol d'acide bromhydrique en donnant un corps répondant à la même formule brute que l'acool éthylénique bromé duquel j'ai pu passer à l'éthylacéténylcarbinol et bouillant au même point, 165°-166° sous 768^mm, mais c'est un oxyde d'éthylène :

$$CH^2Br - \underbrace{CH - CH}_{O} - CH^2 - CH^3.$$

On en est averti de suite par l'odeur rappelant celle de l'épichlorhydrine; la mesure de la réfraction moléculaire confirme le fait (densité à 15°,5 : 1,4096; indice pour la raie D : 1,4725; d'où RM = 32,88; théorie 32,57). De plus, le corps fixe l'acide bromhydrique et ne donne pas de phényluréthane.

On ne peut donc passer ainsi des alcools éthyléniques aux alcools éthyléniques bromés, matières premières de la préparation des alcools acétyléniques cherchés, ce qu'on pouvait d'ailleurs prévoir en se rappelant les propriétés des dibromhydrines de la glycérine ordinaire; il faudrait passer par les tribromhydrines, transformer celles-ci en épidibromhydrines et ces dernières en alcools éthyléniques bromés. Or le nombre d'opérations à effectuer et l'ordre de leurs rendements sont tels que l'emploi de l'acroléine bromée reste préférable malgré ses inconvénients.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de la cyclopentanone.* Note de MM. **M. Godchot** et **F. Taboury**, présentée par M. Jungfleisch.

Dans cette Note, nous nous proposons de faire connaître les faits que nous avons observés en hydrogénant la cyclopentanone par la méthode de MM. Sabatier et Senderens.

La cyclopentanone, C^5H^8O, qui nous a servi de matière première pour ce travail, avait été préparée par nous en partant de l'acide adipique; très pure, elle bouillait à 130° sous la pression atmosphérique. Soumise à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, la température de réduction étant

de 125°, elle a donné naissance à un liquide, constitué par un mélange de plusieurs corps que nous avons séparés par distillations fractionnées. Nous avons, en effet, isolé :

1° Une très petite quantité d'un liquide, bouillant vers 50° sous la pression atmosphérique, constitué par du cyclopentane;

2° Une certaine quantité d'eau et un peu de cyclopentanone non réduite;

3° Une fraction importante (50 pour 100 environ du produit initial), bouillant vers 138°-139° sous la pression ordinaire, que nous avons reconnue être du cyclopentanol;

4° Un produit (environ 40 pour 100 de la cétone mise en œuvre) passant à la distillation vers 115°-117° sous une pression de 12^{mm}, répondant, d'après l'analyse et la cryoscopie dans la benzine, à la formule $C^{10}H^{16}O$ et ayant les caractères d'une acétone.

On peut représenter les réactions effectuées dans cette hydrogénation par les équations suivantes :

$$C^5H^8O + H^2 = C^5H^9OH$$

Cyclopentanone. Cyclopentanol.

$$C^5H^9OH + H^2 = C^5H^{10} + H^2O$$

Cyclopentane.

$$2(C^5H^8O) + H^2 = C^{10}H^{16}O + H^2O.$$

La première équation représente la réaction normale, celle qui se passe, dans les mêmes circonstances, avec la plupart des acétones grasses et avec la cyclohexanone. La deuxième équation rend compte de la déshydratation d'une très faible quantité de cyclopentanol, avec formation de cyclopentène, transformé, aussitôt formé, en cyclopentane. Quant à la troisième réaction, elle est inattendue: cette intéressante formation d'une acétone, possédant un nombre d'atomes de carbone double de celui de l'acétone génératrice, semble être, à notre connaissance, un fait très particulier au noyau cyclopentanique ; nous nous proposons de le généraliser avec les homologues de la cyclopentanone.

Cyclopentanol et dérivés :

Le cyclopentanol, préparé par nous, est identique à celui préparé par J. Wislicenus et W. Hentschel en réduisant la cyclopentanone par le sodium en présence de l'éther aqueux (¹). Il bout à 138°-139° et donne la même phényluréthane, cristallisée et fusible à 132° (²). Nous avons préparé l'éther acétique de cet alcool; l'acétate de

(¹) *Ann. der Chemie*, t. CCLXXV, 1893, p. 322.

(²) *Berichte der deut. chem. Ges.*, t. XXXII, 1899, p. 2049.

cyclopentyle, $C^5H^9OCOCH^3$, qui est liquide, bout à 52°-53° sous une pression de 12^{mm}; sa densité à 16° est égale à 0,9522; cet éther est doué d'une odeur très agréable.

Chauffé en présence du bisulfate de potassium fondu, le cyclopentanol perd 1^{mol} d'eau en se transformant en cyclopentène, C^5H^8, carbure liquide non saturé, bouillant à 45°, identique à celui obtenu par Gärtner en chauffant l'iodure de cyclopentyle avec de la potasse alcoolique ([1]). Le cyclopentène ainsi obtenu, hydrogéné à 125° par la méthode au nickel, nous a fourni, en quantité théorique, le cyclopentane, C^5H^{10}, carbure liquide saturé, bouillant à 49°, identique à celui obtenu par J. Wislicenus et W. Hentschel en réduisant l'iodure de cyclopentyle par le zinc et l'acide chlorhydrique ([2]).

$C^{10}H^{16}O$. — Ce nouveau composé est un isomère du camphre. Il bout à 116°-117° sous une pression de 12^{mm}; sa densité à 16° est égale à 0,9801. Refroidi à —60°, il se prend en une masse cristalline, formée d'aiguilles fusibles à —13°. Il possède une odeur mentholée. C'est une acétone; l'oxime, très soluble dans l'alcool et dans l'éther, est cristallisée, fusible à 75°; la semicarbazone cristallise également et fond à 210°. Nous n'avons pas obtenu de combinaison de cette acétone avec le bisulfite de soude.

Quelle est la formule de constitution de ce produit?

Nous pensons que, sous l'influence du nickel à 125° en présence de l'hydrogène, 2^{mol} de cyclopentanone se sont soudées avec départ de 1^{mol} d'eau en donnant naissance à une cétone non saturée; celle-ci a fixé immédiatement 2^{at} d'hydrogène pour fournir alors le composé $C^{10}H^{16}O$ qui serait l'α-cyclopentylcyclopentanone

```
      CH²            CH²                      CH²            CH²
H²C╱   ╲CO    H²C╱   ╲CH²             H²C╱   ╲CO     H²C╱   ╲CH²
   |     |        |     |      + H² =     |     |         |     |
H²C|_____|C  =   C|_____|CH²           H²C|_____|CH — HC|_____|CH²
```

Des expériences en cours nous permettront bientôt d'être fixés définitivement sur ce point.

MINÉRALOGIE. — *Sur les serpentines du Krebet-Salatim* (*Oural du Nord*). Note de MM. **L. Duparc** et **M. Wunder**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans l'Oural septentrional, à quelques kilomètres à l'est de la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, entre les cours supérieurs des rivières Wijaï et Toschemka, et au sud de la première, il existe une longue bande de roches serpentineuses qui est orientée à peu près NS, et mesure plus de 30^{km} suivant cette direction. Dans sa partie Nord cette traînée forme le Krebet-Salatim, qui atteint et dépasse la limite de végétation. Du côté de

(1) *Ann. der Chemie*, t. CCLXXV, 1893, p. 331.
(2) *Ann. der Chemie*, t. CCLXXV, 1893, p. 327.

l'Ouest, ces serpentines entrent en contact avec des schistes cristallins; du côté de l'Est, avec des schistes métamorphiques basiques et avec des roches assez acides et riches en épidote (granits et gneiss de Féodoroff). La structure de cette traînée de serpentines est très uniforme. Du côté de l'Ouest, on rencontre invariablement sur les crêtes de véritables serpentines dures, vert foncé, avec une patine grise, qui s'érodent d'une façon toute spéciale. Dans ces serpentines on trouve empâtés des blocs de hornfels grenatifères, produits métamorphisés de calcaires que l'on ne voit pas en place. Du côté de l'Est, les crêtes sont formées par des roches serpentineuses également, mais beaucoup plus tendres, souvent profondément rubéfiées, et qui comme aspect rappellent certaines dunites altérées.

L'examen microscopique de ces différents types nous a permis de constater ce qui suit : les roches qui se trouvent à l'est de la bande sont en grande partie formées par des harzburgites, dont on trouve des spécimens encore assez frais. Elles sont constituées par de la picotite brune, de l'olivine prédominante en grains idiomorphes, et de l'enstatite en gros cristaux courts, parfois maclés avec du diopside qui s'y trouve exclusivement en fines lamelles.

Les harzburgites sont toujours fortement serpentinisées, et l'on peut suivre tous les stades jusqu'à leur transformation complète en serpentines. L'olivine donne de l'antigorite qui présente toujours la structure maillée; l'enstatite serpentinise en donnant de la bastite. Quand toute trace des minéraux constitutifs a disparu, on trouve alors une roche dont le fond est formé par de la serpentine maillée, dans laquelle sont disséminés des cristaux de bastite disposés irrégulièrement. Au Krebet-Salatim, on trouve aussi de vraies dunites sans enstatite, mais qui se distinguent de la dunite platinifère par la substitution de la chromite à la picotite.

L'analyse chimique de ces différentes variétés montre une grande analogie :

	I.	II.	III.
SiO^2	35,70	38,00	39,80
TiO^2	0,21	»	0,21
Al^2O^3	0,75	1,33	2,11
Cr^2O^3	0,58	0,21	»
Fe^2O^3	4,29	3,05	5,47
FeO	5,38	4,46	2,49
MnO	0,26	0,23	0,50
MgO	43,34	41,92	36,86
Perte au feu	9,35	11,18	12,34
	99,86	100,38	99,78

I. Dunite du Krebet-Salatim.

II. Harzburgite, confluent de la rivière Antschug.

III. Serpentine de harzburgite. Sur le sentier conduisant à B. Toschemka.

Les serpentines dures de la bordure occidentale ont une tout autre structure. On n'y voit jamais trace des minéraux constitutifs, et toute la masse est formée par de l'antigorite, qui présente la disposition dite fibreuse et enchevêtrée (A. Lacroix) avec nombreux amas de magnétite.

La composition chimique est sensiblement analogue à celle des roches précédentes :

	I.	II.
SiO^2	41,30	42,44
TiO^2	0,18	0,11
Al^2O^3	2,17	1,03
Fe^2O^3	1,87	»
Cr^2O^3	0,59	0,34
FeO	4,72	5,64
MgO	37,17	38,94
MnO	0,37	0,26
Perte au feu	11,90	11,65
	100,27	100,41

I, crête à l'ouest du Krebet-Salatim; II, crête entre Tokta et Wijaï.

Quant aux hornfels empâtés dans ces roches, ils sont en grande partie formés par du grenat associé à un peu de chlorite et parfois de la zoïsite. L'analyse suivante donne la composition de ces roches :

SiO^2	32,06
TiO^2	1,89
Al^2O^3	11,64
Fe^2O^3	10,14
FeO	7,48
MgO	10,79
CaO	19,57
MnO	0,43
Perte au feu	5,89
	99,89

BOTANIQUE. — *Le type sauvage du Figuier et ses relations avec le Caprifiguier et le Figuier femelle domestique.* Note de MM. **Tschirch** et **Ravasini**, transmise par M. Guignard.

De Théophraste à Trabut, tous les auteurs admettent que le Figuier *sauvage* d'Italie et le *Caprifiguier* sont identiques.

L'examen prolongé pendant la durée d'une année d'un très grand nombre de réceptacles (plus de 20000), provenant de toutes les formes du Figuier que nous avons pu nous procurer dans l'Italie entière, nous a amenés à un résultat complètement différent.

Loin d'être identique au Caprifiguier, le Figuier *sauvage* d'Italie constitue un véritable prototype; il est une *excellente espèce*, très constante, dicline, monoïque, qui s'est conservée loin de toute culture de figues dans quelques îlots de végétation de la haute Italie, et qui se reproduit également des graines du Figuier domestique, si les réceptacles de celui-ci sont visités par le *Blastophaga*. De fait, on le retrouve çà et là dans les vergers de l'Italie méridionale. Cette espèce type, que nous nommons *Ficus Carica* (L.) Tschirch et Ravasini, est caractérisée par trois générations de réceptacles se succédant sur le même arbre.

1° *Profichi* ([1]), génération printanière, réceptacles non comestibles, munis de fleurs galles brévistyles au fond et de fleurs mâles autour de l'orifice.

2° *Fichi*, génération estivale, réceptacles comestibles ne contenant que des fleurs femelles à long style.

3° *Mamme*, génération hivernale, réceptacles non comestibles, ne contenant que des fleurs galles brévistyles.

Le *Blastophaga* dépose ses œufs dans les fleurs galles des *profichi*. Il en éclot des femelles ailées et des mâles aptères. Ces derniers sortent des galles et fécondent les femelles enfermées dans leurs galles, puis périssent. A la sortie du réceptacle, les femelles se chargent du pollen des fleurs mâles, puis pénètrent dans les *fichi*, dont les fleurs femelles à long style sont pollinisées et se développent en fruit. Quittant les *fichi*, l'insecte recherche les *mamme* et pond ses œufs dans les fleurs galles où ils hivernent. Au printemps, les mâles éclosent les premiers, fécondent les femelles, qui recherchent ensuite les *profichi*, etc., comme ci-dessus. Le cycle est complet.

Notre prototype est donc *à la fois mâle et femelle* ainsi qu'*adapté* au *Blastophaga*, d'où il résulte une symbiose parfaite. Les fleurs galles sont développées à point au moment de la ponte, le pollen est mûr au moment où les femelles s'envolent. Les stigmates des fleurs femelles sont mûrs au moment de la visite de l'insecte chargé de pollen.

Il y a des milliers d'années déjà, l'homme a dissocié cette merveille de la nature en deux composants, dont l'un, le *Figuier domestique*, représente exclusivement la partie femelle du prototype, tandis que l'autre, le *Caprifiguier*, en représente la partie munie de fleurs mâles et de fleurs galles destinées aux *Blatosphaga*.

Figuier domestique et Caprifiguier sont de *vraies plantes cultivées*; des

([1]) Nous acceptons les noms donnés par les paysans italiens.

variétés culturales, ne pouvant pas être multipliées par semis, mais uniquement par marcottage ou greffe.

Le *Caprifiguier*, que nous nommons *Ficus Carica α Caprificus* Tschirch et Ravasini, produit trois générations de réceptacles :

1° *Profichi*, génération printanière, réceptacles non comestibles, munis de fleurs galles au fond et de fleurs mâles à l'orifice; ils sont identiques à la génération *profichi* du type sauvage;

2° *Mammoni*, génération estivale, à réceptacles comme dans 1°, non comestibles, mais garnis en outre de très rares fleurs femelles.

3° *Mamme*, génération hivernale; réceptacles non comestibles, portant presque uniquement des fleurs galles et quelques rares fleurs femelles à l'orifice.

Le Figuier domestique, que nous nommons *Ficus Carica β domestica* Tschirch et Ravasini, produit également trois générations de réceptacles :

1° *Fichi fiori*, réceptacles printaniers, comestibles, ne renfermant que des fleurs femelles stériles à long style.

2° *Pedagnuoli*, réceptacles d'été, comestibles, ne renfermant que des fleurs femelles fertiles à long style.

3° *Cimaruoli*, réceptacles comestibles, portant seulement des fleurs femelles fertiles à long style.

Les générations 2° et 3° sont identiques à la génération *fichi* du Figuier sauvage; 3° n'est pas séparée strictement de 2°.

Il ressort de recherches spéciales (confirmant celles de Longo) que le Figuier ne se reproduit pas par *parthénogenèse*. Le développement de la graine est normal, le tube pollinique pénètre par le micropyle.

Les fleurs galles et les fleurs femelles stériles ne possèdent pas d'ovule ; celui-ci est représenté par une protubérance à peine différenciée. La graine résulte toujours du développement d'un ovule fécondé, et la pollinisation ne peut être faite que par le *Blastophaga*.

Chez le Figuier sauvage, la pollinisation se fait de la manière indiquée plus haut.

Chez le Figuier domestique femelle, par contre, *indubitablement* elle n'a lieu que par *caprification*, celle-ci consistant à suspendre dans les Figuiers domestiques les réceptacles mâles (*profichi*) soit du Caprifiguier, soit du Figuier sauvage, — ou accidentellement, si les Blastophages proviennent de Figuiers sauvages ou de Caprifiguiers croissant dans les environs.

La caprification est obligatoire pour toutes les sortes de figues destinées à être séchées et exportées : ce fait est confirmé par Trabut. Seules les figues caprifiées se conservent.

D'autre part, il existe des races de Figuiers qui se sont différenciées

depuis des milliers d'années et qui produisent, sans fécondation, des figues douces, dépourvues de graines, qui ne peuvent pas être conservées. Ce sont les *figues de table*, dont la maturation purement *carpologique* est analogue à celle des fruits sans noyau.

L'homme a été amené à isoler le Figuier femelle à l'époque préhistorique déjà, par le désir d'obtenir sur le même arbre annuellement *trois générations* de figues toujours dépourvues d'insectes, plus grandes et plus douces que l'*unique génération* comestible de réceptacles du Figuier sauvage. Toutefois, il ne tarda pas à constater que la culture d'une variété mâle s'imposait, et dès lors les deux variétés furent cultivées conjointement. L'époque à laquelle ces deux variétés ont été isolées est fort ancienne; elle est en tout cas antérieure aux époques égyptiennes et assyriennes dont les plus anciens monuments représentent, ainsi que l'a démontré Tschirch, la culture du Figuier. Les deux variétés mâle et femelle ont été introduites d'Orient dans le bassin de la Méditerranée et ont été connues des plus anciens auteurs.

Pourquoi a-t-on ignoré ces faits jusqu'à ce jour? Uniquement parce que le peuple n'a jamais distingué et ne distingue pas entre les réceptacles du Figuier sauvage et ceux du Caprifiguier; il les désigne par le même nom et utilise aussi pour la caprification la génération de *profichi* du Figuier sauvage.

L'hypothèse que nous venons d'exposer se trouve appuyée et prend une grande probabilité par le fait qu'on a constaté l'existence de formes de transition entre le Caprifiguier et le Figuier domestique, d'une part, et le Figuier sauvage d'autre part. Ces formes de transition, parmi lesquelles nous citerons la figue dite « La Hire », ont souvent faussé les résultats des observations antérieures. Il a fallu examiner un très grand matériel provenant des plus diverses contrées d'Italie pour pouvoir exclure les cas accidentels ou spéciaux et reconnaître que ces intermédiaires représentent vraiment des formes de transition et des cas d'atavisme.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la prétendue utilisation de l'azote de l'air par certains poils spéciaux des plantes.* Note de M. **François Kövessi**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une étude qui a fait l'objet d'une Communication que j'ai eu l'honneur de présenter précédemment à l'Académie [1], je m'étais proposé de

[1] *Comptes rendus*, t. 149, 5 juillet 1909, p. 56. — *Erdészeti Lapok*, t. XLVIII, p. 208 et 389.

vérifier la théorie énoncée récemment par M. Jamieson, puis MM. Zemplèn et Roth, et relative à la question de l'assimilation de l'azote par les plantes. Ces auteurs ont constaté l'existence de *poils spéciaux* qui, d'après eux, absorbent l'azote libre de l'air et fabriquent des matières albuminoïdes (¹).

Contrairement à leur opinion, j'ai trouvé dans mes expériences que pour deux lots de plantes, cultivés, l'un à l'air libre, l'autre dans une atmosphère privée d'azote, ces poils acquièrent le même développement et ils produisent exactement les mêmes réactions, si on les soumet aux réactifs indiqués par les observateurs cités plus haut.

Il résulte de la ressemblance entre les manières de se comporter des deux lots, que l'azote des substances albuminoïdes, décelé par les réactions, ne peut pas venir de l'air, puisqu'un des lots est cultivé dans une atmosphère dépourvue d'azote.

MM. Zemplèn et Roth objectent à cette conclusion que dans mes expériences, l'atmosphère des vases de culture pourrait n'être pas rigoureusement privée d'azote, que les poils spéciaux peuvent être aptes à utiliser, des proportions très faibles de ce gaz, et que, dès lors, même dans le lot qui était dans un air supposé absolument dépourvu d'azote, les poils ont pu se développer et fonctionner exactement comme dans le lot témoin.

Bien que cette objection ne repose que sur des hypothèses, j'ai voulu recommencer mes expériences en y mettant une rigueur qui ne puisse plus donner lieu à aucune objection.

Je ne puis décrire ici avec détails l'appareil dont je me suis servi. Je le décrirai dans le Mémoire complet que je ferai paraître sur ce sujet. Mais je puis dire que les précautions prises ont été les suivantes : Le vase dans lequel pousseront les plantes était mis en communication avec une trompe au moyen de laquelle je pouvais faire le vide à la très faible tension qui permet la production des phénomènes de Röntgen. Le vide obtenu, je remplissais ce vase d'oxygène entièrement pur, préparé par voie électrolytique. Mon vase à culture rempli de ce gaz, j'y faisais de nouveau le vide comme précédemment. Je renouvelais plusieurs fois cette opération et à la fin je remplissais une dernière fois le vase de culture en faisant traverser l'appareil tout entier par un courant d'oxygène. Ce courant d'oxygène, développé par 2 ampères, continue à traverser l'appareil pendant toute la durée de l'expérience.

Je m'assurais alors spectroscopiquement, sur une portion de gaz con-

(¹) *Erdészeti Lapok*, t. XLVIII, 1909, p. 374.

duit dans un embranchement latéral de l'appareil, qu'il n'y avait pas trace d'azote.

Étant donné cet ensemble de précautions tout le monde admettra que mes plantes se sont développées dans une atmosphère entièrement dépourvue d'azote.

Les plantes sur lesquelles j'ai opéré sont des boutures de *Robinia Pseudacacia*, *Robinia hispida*, *Ribes Grossularia*, *Aesculus Hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*.

La culture terminée, il s'agissait de faire arriver sur les plantes le réactif qui devait déceler les albuminoïdes (solution d'iodure de potassium et d'iode). Un tube latéral de l'appareil portant un robinet fermé depuis le commencement de l'expérience et encore en ce moment, permet d'adapter un vase qui contient le réactif. On fait le vide dans ce vase de la même manière que précédemment, et, en ouvrant le robinet, on fait passer un courant d'oxygène; ceci plusieurs fois de suite. Ainsi l'appareil entier est tout à fait dépourvu d'azote.

Je fais alors arriver l'eau iodée de manière à remplir le vase qui contient les plantes. Quelques heures après, je démonte tout l'appareil et je soumets les plantes à l'observation microscopique.

En même temps que se développaient les plantes de l'expérience que je viens de décrire, je cultivais un lot témoin dans de l'air ordinaire.

Dans tous les cas, les réactions ont été exactement les mêmes, pour les individus cultivés à l'air normal et ceux cultivés à l'abri de l'azote. Je ne puis que confirmer et répéter les conclusions de ma précédente Communication, savoir :

Les poils des plantes cultivées, soit à l'air libre, soit dans des milieux privés d'azote, se développent exactement de la même manière ; il en est de même des poils spécialisés étudiés par MM. Jamieson, Zemplen et Roth.

Les poils pris sur des organes de même âge et également développés produisent dans les deux cas, avec les réactifs cités plus haut, des résultats semblables.

L'expérience démontre donc d'une manière évidente que l'azote des substances albuminoïdes décelées par ces réactions ne vient pas de l'azote de l'air.

BOTANIQUE. — *Sur le phototropisme des zoospores de* Chlamydomonas Steinii *Goros.* Note de M. **Desroche**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé d'étudier le phototropisme des zoospores de *Chlamydomonas Steinii* Goros., en fonction de l'intensité lumineuse.

Le dispositif expérimental est le suivant :

Je recueille au moyen d'une fine pipette un sporange sur le point d'éclater : on reconnaît avec assez de certitude son état de maturité à l'aspect de sa membrane, extrêmement mince, distendue, écartée des individus qu'elle renferme, à ce fait aussi que fréquemment ces individus sont déjà mobiles à l'intérieur du sporange. Le nombre de zoospores qu'il contient est d'ailleurs variable : j'ai opéré sur des sporanges à 4, 8 ou 16 individus.

. Je place le sporange dans une goutte de liquide nutritif stérilisé (Knop à $\frac{2}{1000}$), maintenue par capillarité entre deux lames de verre écartées l'une de l'autre de 150^{μ} environ; je lute à la paraffine pour éviter l'évaporation. J'obtiens ainsi une sorte de cellule où les Chlamydomonas peuvent vivre et se développer pendant plusieurs semaines. D'autre part, l'épaisseur de la goutte est suffisante pour laisser aux zoospores, qui n'ont que 12^{μ} à 13^{μ} dans leur plus grande dimension, toute la liberté de leurs mouvements.

Un premier fait intéressant est que les zoospores ne sont pas phototropiques immédiatement après l'éclatement du sporange. Elles ne le deviennent qu'au bout d'un temps qui peut varier de une heure à une journée; l'apparition du phototropisme est relativement rapide lorsqu'on éclaire la cellule avec la lumière du jour, ou avec la lumière blanche d'un bec Auer ou d'une lampe Nernst; elle est très lente à se produire lorsqu'on place les cellules à la lumière rouge ou à l'obscurité.

Lorsque les zoospores sont devenues nettement phototropiques je procède aux mesures. Les observations devant se faire au microscope, il importe que la lumière dont on se sert pour éclairer le champ n'ait aucune influence sur le phototropisme des zoospores. Des expériences préliminaires m'ont montré que la lumière blanche, filtrée à travers une solution aqueuse d'Aurantia à $\frac{1}{100}$ sous une épaisseur de $1^{cm},5$, n'a aucune action sur le mouvement des zoospores. En conséquence, je me sers pour éclairer le champ du microscope d'une lampe électrique masquée par une cuve contenant cette solution. J'opère la nuit pour éviter toute lumière étrangère.

La source qui éclaire les algues et doit diriger leur mouvement est, dans une première série d'expériences, un bec Auer. Il est d'abord placé à 50^{cm} de la préparation, et un peu au-dessus d'elle, de façon à ce qu'elle reçoive sa lumière sous une incidence de 30°. En faisant glisser le bec le long d'un plan incliné également à 30°, et l'éloignant à des distances égales en centimètres à $50 \times \sqrt{2}$, $50 \times \sqrt{3}$, ..., $50 \times \sqrt{100}$, on réalise des intensités 2, 3, ..., 100 fois moindres.

La température sur la platine du microscope, entourée de voiles noirs, reste très sensiblement égale à 25°.

Je mesure le temps que mettent les zoospores se dirigeant vers la lumière à traverser l'espace compris entre deux traits parallèles, tracés perpendicu-

lairement à la direction de la lumière sur une lamelle de verre introduite dans l'oculaire. Lorsque les zoospores ont traversé cet espace, il suffit de retourner la cellule de 180° dans son plan pour pouvoir faire une nouvelle mesure.

On constate les faits suivants :

1° Pour les intensités comprises entre 1 et $\frac{1}{25}$ environ, chaque zoospore se dirige en ligne droite vers la lumière, et le temps qu'elle met à franchir l'espace compris entre les deux traits est indépendant de l'intensité lumineuse.

Voici par exemple les résultats numériques d'une série de mesures :

Intensité lumineuse	1.	$\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{3}$.	$\frac{1}{4}$.	$\frac{1}{5}$.	$\frac{1}{6}$.	$\frac{1}{10}$.	$\frac{1}{25}$.
Temps en secondes (moyenne de 10 mesures)	$12\frac{2}{5}$	$12\frac{4}{5}$	$12\frac{2}{5}$	13	$12\frac{3}{5}$	$12\frac{2}{5}$	$12\frac{2}{5}$	13

2° Lorsque l'intensité décroît au-dessous de $\frac{1}{25}$, on constate que les zoospores se dirigent encore vers la lumière. Mais souvent, pendant le trajet, des causes accidentelles, trop faibles pour être discernées, troublent la rectitude du parcours : la zoospore fait un crochet, ou même revient en arrière. Les mesures deviennent très difficiles. Mais lorsque le chemin suivi est rectiligne, le temps employé à le parcourir est encore compris entre 12 et 13 secondes.

3° Lorsque l'intensité lumineuse décroît au-dessous de $\frac{1}{75}$ environ, les mesures deviennent impossibles, la zoospore n'étant plus orientée. Si, à ce moment, on suit à la chambre claire son mouvement, de façon à inscrire son trajet pendant un temps déterminé, on constate que sa vitesse est toujours la même. Elle reste encore la même lorsqu'on supprime toute lumière latérale.

J'ai essayé de préciser la valeur de l'intensité à partir de laquelle les zoospores ne sont plus dirigées. Comme je l'ai dit plus haut, cette valeur est de $\frac{1}{75}$ environ; le bec Auer est à $4^m,33$ de la préparation : les réglages deviennent difficiles et sont alors peu précis. J'ai modifié le dispositif expérimental et j'ai pris comme source lumineuse un verre dépoli limité par un diaphragme iris et éclairé par un bec placé à 5^{cm} au delà. Une mesure photométrique permet d'évaluer à $\frac{1}{20}$ la réduction de lumière ainsi obtenue pour une ouverture du diaphragme de 30^{mm} de diamètre.

Ce second dispositif fournit les mêmes résultats : 1° vitesse constante, quelle que soit l'intensité lumineuse; le temps que mettent les zoospores à traverser l'espace compris entre les deux traits est toujours compris entre 12 et 13 secondes; 2° action directrice nette de la lumière pour des inten-

sités comprises entre 1 et $\frac{1}{25}$ environ (diamètre de l'ouverture, 27^{mm}); 3° action directrice nulle lorsque le diamètre du diaphragme est réduit à 15^{mm}, ce qui correspond à une intensité lumineuse de $\frac{1}{80}$. La méthode ne permet pas de préciser davantage.

En résumé, la lumière n'agit pas en activant ou retardant le mouvement des zoospores. Elles ont une vitesse constante, qui ne dépend pas de la quantité d'énergie lumineuse qu'elles reçoivent, et traduit seulement leur propre énergie. La lumière n'a d'autre action que de diriger leur mouvement.

HYGIÈNE. — *Sur les ptomaïnes des conserves de poissons et de crustacés.* Note de MM. **A. Desgrez** et **F. Caius**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis que l'on connaît les leucomaïnes et les ptomaïnes, nombre de recherches ont mis en lumière les modes de production et la toxicité de plusieurs de ces alcaloïdes. Ainsi que l'a montré M. Armand Gautier, auteur de ces découvertes, les cellules des tissus animaux fonctionnent, à beaucoup d'égards, à la manière des cellules bactériennes; on conçoit dès lors qu'un même alcaloïde, la névrine par exemple, puisse se placer, suivant ses origines dans l'un ou l'autre de ces groupes. Cette considération peut créer quelque embarras à l'expert chargé de donner un avis sur la signification et l'importance d'alcaloïdes dûment constatés dans une conserve alimentaire. Ayant eu a remplir semblable mission, nous avons entrepris, faute de trouver toute la documentation désirable, l'étude systématique de cette question qui n'intéresse pas moins la santé publique que l'industrie alimentaire.

Nos recherches ont porté sur dix-huit boîtes de conserves, de poids variant entre 125^{g} et 10^{kg} et provenant de cinq maisons différentes. Ces conserves contenaient: thon, sardines et maquereaux à l'huile, harengs et maquereaux au vin blanc, homard et saumon.

Pour l'extraction des alcaloïdes, nous avons employé la méthode de Stas-Otto, avec épuisements successifs par l'éther, le chloroforme et l'alcool amylique préalablement purifiés. Parmi les réactifs généraux, le réactif de Bouchardat nous a paru le plus sensible.

Pour caractériser les ptomaïnes, nous avons eu recours d'abord à la réaction classique due à Selmi (formation de bleu de Prusse par le perchlorure de fer étendu et le ferri-

cyanure de potassium (¹), puis à la réaction par l'acide nitrique et l'ammoniaque qui donne une coloration jaune plus ou moins foncée. Cette dernière réaction présente, selon nous, le maximum de sensibilité.

Les ptomaïnes des conserves précédentes sont, en presque totalité, solubles dans l'éther. Elles constituent des liquides plus ou moins huileux, de couleur jaune pâle et d'odeur aromatique non définie, sauf cependant les bases du homard et du saumon qui dégagent une odeur très marquée de punaise. Après avoir comparé divers procédés de dosage, nous nous sommes arrêtés à la méthode qui consiste à peser les alcaloïdes sous forme de chlorhydrates, à l'abri de l'humidité de l'air. Le procédé colorimétrique, basé sur les propriétés réductrices des ptomaïnes, nous a donné des résultats quelquefois exacts, mais assez souvent infidèles.

Le détail de nos recherches ne pouvant trouver place dans cette Note, nous n'en présentons que les conclusions essentielles.

Analysées au moment de l'ouverture des boîtes, toutes les conserves citées plus haut renfermaient des ptomaïnes, suivant une proportion comprise entre $0^{g},20$ et $0^{g},60$ par kilogramme.

Pour une même conserve, préparée dans des conditions identiques, la proportion de ptomaïnes est sensiblement constante. Des procédés différents de préparation (addition de feuilles aromatisées ou de tomates, absence de peau, d'arêtes, de queues) entraînent des variations dans la quantité de ptomaïnes produites. Les conserves de poissons entiers (avec arêtes et peau) contiennent plus de ptomaïnes ($0^{g},47$ par kilogramme) que les conserves de thon, de homard et de saumon ($0^{g},30$ par kilogramme).

Dans les boîtes à contenu homogène (thon, saumon) la quantité de ptomaïnes est plus grande au centre qu'à la périphérie. Ce fait s'explique peut-être par une stérilisation imparfaite des parties centrales moins chauffées. Quand les poissons sont entiers, harengs, sardines, maquereaux, il y a des écarts notables par chaque individu examiné.

Les ptomaïnes ne commencent à augmenter de façon appréciable que deux jours après l'ouverture des boîtes. Nous avons constaté que, dans les boîtes ouvertes, l'huile n'entrave pas la formation des ptomaïnes, mais semble, au contraire, favoriser leur développement.

Détail important : à l'ouverture des boîtes, nous n'avons trouvé de gaz, surtout de gaz putride, que dans quelques cas seulement. Ce fait semble indiquer que les ptomaïnes s'étaient formées *avant la mise en boîte* des conserves. Il importerait, d'ailleurs, de savoir si une fraction des bases ainsi constatées n'existe pas dans le poisson frais, si ces bases n'ont pas pris

(¹) Voir A. Gautier, *Les toxines microbiennes et animales*, p. 38.

naissance avant ou pendant la préparation de la conserve, enfin quel est leur degré de toxicité; nous poursuivons ces recherches. Nous avons cependant déjà constaté que les bases ainsi isolées sont relativement peu toxiques et qu'ingérées à faible dose, elles paraissent exercer, comme l'a établi M. Armand Gautier pour celles qu'il a trouvées dans l'huile de foie de morue, une action favorable sur l'appétit et la nutrition générale.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'ablation des surrénales sur le système nerveux.* Note de MM. **Jean Gautrelet** et **Louis Thomas**, transmise par M. Yves Delage.

Dans une série de Notes antérieures publiées à la Société de Biologie (1909) nous avons insisté sur les phénomènes démontrant, après ablation des surrénales, la moins grande excitabilité du sympathique.

L'excitation du splanchnique ne produit plus de glycosurie, pas davantage l'injection d'adrénaline. La régulation thermique est supprimée; le froid, la chaleur ne modifient pas sensiblement le calibre des vaso-moteurs de l'oreille; la dilatation de la pupille ne se montre qu'après de fortes excitations du vago-sympathique au cou chez le chien; l'excitation du nerf de Cyon, du splanchnique, du bout central du sciatique (chez le lapin) ne modifient sensiblement pas la pression sanguine.

Mais nous avions spécialement insisté, sans aboutir cependant à des conclusions fermes, sur les modifications du rythme du cœur et de l'action du vague à son égard.

Un certain nombre d'expériences et de constatations nouvelles nous permettent de donner aujourd'hui une interprétation de faits qui peuvent sembler paradoxaux.

Ces faits ont trait à l'exploration de l'excitabilité du système nerveux dans les deux ou trois premières heures qui suivent la double décapsulation.

Nous les énoncerons brièvement :

1° Immédiatement après cette opération, le cœur prend un aspect atropiné caractéristique : son rythme est rapide, son amplitude faible.

2° Si avant décapsulation on a sectionné un vague, le droit par exemple (*Arlequin*, *Barba*, *Toulon*), l'excitation du bout périphérique (avec 1 élément, l'inducteur étant par exemple à 10^{cm} de l'induit), qui suffisait normalement à produire l'arrêt du cœur, est inefficace dès la première demi-heure qui suit l'ablation des surrénales; il faut alors rapprocher l'inducteur à 3^{cm}-4^{cm} de l'induit pour ralentir le cœur, et ce sera bientôt insuffisant.

3° Mais, fait intéressant, si l'on tente d'exciter le pneumogastrique gauche

par exemple, qui n'a pas été sectionné, on constate souvent un accroissement de son excitabilité, jamais une diminution. Alors que normalement une excitation sur son trajet ne provoquait l'arrêt du cœur que si l'inducteur était environ à 10^{cm} de l'induit, nous avons pu, après décapsulation, arrêter le cœur, l'inducteur étant à 15^{cm}, même 17^{cm} de l'induit (*Toulon*).

Des constatations analogues, quoique moins accusées, furent faites sur les deux pneumogastriques de *Mistral* et *Sans-Souci*, la section d'aucun d'eux n'ayant été opérée avant la décapsulation.

4° L'excitabilité du bout central des vago-sympathiques droit et gauche, qu'ils soient intacts ou sectionnés avant décapsulation, est diminuée également; il faut augmenter l'intensité du courant pour provoquer la mydriase; si à 15^{cm} avant décapsulation on la produisait, il faut rapprocher l'induit à 12^{cm} pour obtenir le même effet, dans les premières heures consécutives à l'ablation des surrénales.

5° L'excitabilité ou la conductibilité des sciatiques, sectionnés ou non, n'est pas modifiée sensiblement à ce moment.

Une interprétation se peut donner de ces faits. Que les surrénales sécrètent une substance à laquelle le sympathique soit redevable de son activité, au moins en partie, le fait ne paraît pas douteux; aussitôt les surrénales enlevées, la diminution de l'excitabilité sympathique se manifeste; en particulier a lieu la chute de pression considérable, par paralysie vaso-motrice, en même temps que le cœur s'accélère, les modérateurs ne suffisant plus à régir le myocarde du fait de la moindre excitabilité des ganglions sympathiques interposés; l'excitation du bout central du vago-sympathique ne produit qu'avec difficulté la mydriase.

Or, certains auteurs (Eppinger et Hess, Palta, etc.) ont insisté sur le fonctionnement antagoniste des systèmes nerveux sympathique et central dans les phénomènes de la vie végétative. On conçoit, dès lors, qu'après ablation des surrénales, avant que les phénomènes curariformes n'aient lieu par accumulation de substances toxiques, comme l'a montré L.-P. Langlois, le système nerveux central végétatif jouisse d'une certaine hyperexcitabilité : c'est celle-ci que nos expériences paraissent mettre en relief; le vague intact produit plus aisément l'arrêt du cœur, tandis que le bout périphérique du vague sectionné ne peut ralentir que difficilement le rythme cardiaque, n'étant plus apte, par le fait de sa séparation d'avec le neurone trophique, à recouvrer le regain d'excitabilité qui lui permettait de vaincre les résistances sympathiques ganglionnaires.

En résumé donc peuvent seules être envisagées comme phénomènes immédiatement consécutifs à l'ablation des surrénales : la diminution de l'exci-

tabilité du sympathique et une certaine hyperexcitabilité du système nerveux central présidant à la vie organique. L'intoxication curariforme du système nerveux central présidant aux fonctions de relation n'est qu'un épiphénomène apparaissant secondairement.

PHYSIOLOGIE. — *Registres et classement des voix d'après l'observation des buées vocales de la bouche et du nez, simultanément recueillies durant l'émission*. Note de M. **Jules Glover**, présentée par M. A. Dastre.

L'observation des buées vocales, nasales et buccales, *simultanément* recueillies, démontre que les voyelles à l'état normal donnent une *buée buccale sur toute l'étendue* de chaque variété de voix, sans *buée nasale*, c'est-à-dire que le voile du palais est exactement appliqué pendant l'émission sur l'orifice nasal postérieur. (A, seulement, où le voile est un peu relâché peut être parfois difficilement différencié de AN et donner une légère buée nasale.)

La présence des consonnes M et N dans AN, UN, ON, IN et dans MA, ME, surtout MI, MO et surtout MU; dans NA, NE, surtout NI, NO, et surtout NU produit une *buée nasale*. Celle-ci *diminue d'importance* (a une moindre durée d'évaporation) en allant des sons graves vers les sons aigus, dans *toutes* les voix, à partir des premières notes du second octave et *disparaît complètement sur ces mêmes notes*, *dans les voix aiguës*, c'est-à-dire que ces syllabes sont de moins en moins distinctes et se rapprochent des voyelles simples. Le compositeur de musique ne doit pas ignorer qu'il est impossible aux soprani d'articuler AN, UN, ON, IN, sur les notes élevées.

Le voile du palais, en particulier (et cela est vrai de tous les autres organes internes et externes de la formation verbale) subit donc une influence évidente des variations de la tonalité laryngienne. Il y a une harmonie organique et fonctionnelle entre le jeu des organes de l'articulation verbale et la tonalité laryngienne.

Ce fait est, en physiologie vocale, de la plus haute importance.

Il dérive en effet de ce fait expérimental, vérifié par l'observation dans l'acte vocal, que : 1° le larynx seul ne suffit pas pour produire une voyelle; 2° la bouche est nécessaire.

Et il en découle que, dans l'enseignement vocal et la culture physiologique de la voix, toute l'attention devra être portée sur la précision de la formation verbale, puisque le travail de l'articulation subit l'influence de la note laryngienne et que les deux sont coordonnées.

De là une conception nouvelle des registres de la voix. Car il résulte, de ce fait physiologique, qu'il existe une infinité de registres vocaux, suivant les attitudes du voile du palais et, par extension, des organes internes et externes de la formation verbale. Ces registres sont divisibles, très simplement, en *registres aigus* et en *graves*, avec une difficulté plus grande des attitudes de ces organes de la formation verbale (¹) vers le *ré*³ (293 v. d.), *mi*³ (326 v. d.), *fa*³ (348 v. d.).

Ces attitudes sont influencées par la note laryngienne : elles créent des rétrécissements des obstacles, sur le passage de l'onde aérienne; et la respiration se trouve réglée dans sa pression et sa vitesse, par ces rétrécissements mêmes, par ces obstacles (²).

Enfin, du fait physiologique qui vient d'être énoncé, découle une *conception du classement physiologique initial des voix*, ou de leur reclassement au cours des études. En admettant qu'on doive exiger d'une voix qu'il lui soit possible d'articuler sur toute l'étendue de *sa tonalité laryngienne*, autrement dit que les paroles écrites soient écrites pour être entendues, au même titre que la musique, on doit admettre que la tessiture changeante d'une voix est fonction : 1° de l'étendue *de la tonalité laryngienne;* 2° de l'étendue possible de l'articulation et, conséquemment, du jeu de tous les organes de la formation verbale, y compris le jeu du voile du palais facilement révélé par l'examen des buées vocales, sur les syllabes à consonances nasalisés, émises de la note la plus grave à la note la plus aiguë, marquant les limites choisies.

Les démonstrations de ces principes ont été obtenues et vérifiées à l'aide : 1° des *buées vocales;* 2° d'un *nouveau laryngoscope à images multiples et à vision latérale*, permettant l'*examen latéral* (³) des cordes vocales et de

---

(¹) Ainsi qu'on le voit, un certain nombre des termes qu'on rencontre couramment répétés dans les livres de chant, tels : voix de tête, voix mixte, voix de poitrine, passage de la voix, ne répondent pas exactement, dans l'esprit des auteurs, à la traduction anatomo-physiologique des phénomènes et doivent être rejetés, en raison de leur obscurité.

(²) Ces rétrécissements se localisent entre : 1° la face supérieure de la langue (pointe et base); la voûte osseuse du palais et le voile du palais; 2° le bord et la paroi supérieure du voile du palais et la face postérieure du pharynx; 3° entre les lèvres et les dents. Ils peuvent être très nettement divisés pour les diverses attitudes des organes internes de la formation verbale en un certain nombre de groupes, pour les voyelles, les consonnes et les syllabes. Il faut connaître ces rétrécissements pour comprendre les tracés graphiques de la voix enregistrée.

(³) E. Glover, *Bull. Académie de Médecine*, 14 mars 1911.

l'orifice des ventricules du larynx durant les attitudes nécessitées pour la détermination de la note laryngienne; 3° à l'aide de la *radioscopie thoracique* pour l'examen de la respiration vocale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Considérations sur l'analyse du phosphore dans les cendres du lait.* Note de MM. **Bordas** et **Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous savons que le phosphore existe dans le lait :

1° Sous la forme organique, à l'état de lécithines, nucléines, etc.,

2° Sous la forme minérale, à l'état de phosphate de chaux.

Le dosage de la lécithine a surtout fait l'objet des recherches de l'un de nous (¹) recherches qui ont montré les différentes variations de la lécithine contenues dans le lait après : écrémage, pasteurisation, etc. Quant aux nucléines, nucléones, éléments phosphorés des matières albuminoïdes, on ne possède que des renseignements peu précis.

Au point de vue physiologique, il est intéressant de pouvoir différencier et doser exactement le phosphore organique et le phosphore minéral.

Il semblerait naturel que le dosage du phosphore blanc minéral puisse être effectué directement sur les cendres du lait; mais cette manière d'opérer serait inexacte comme nous l'avons constaté. Il résulte, en effet, de nos expériences, que l'acide P^2O^5 contenu dans les cendres représente la totalité du phosphore du lait, c'est-à-dire le phosphore minéral et le phosphore organique. Cette particularité est très importante à connaître afin d'éviter des erreurs d'interprétation.

Pour le démontrer, nous avons dosé l'acide P^2O^5 :

1° Sur les cendres du lait obtenues au rouge sombre;

2° Dans le lactosérum séparé après coagulation du lait par l'acide trichloracétique;

3° Sur le coagulum séparé du sérum précédent.

Le dosage de l'acide P^2O^5 dans le lactosérum a été fait sur les cendres provenant de la calcination de l'extrait sec de ce liquide; il représente l'acide P^2O^5 minéral. Pour le dosage du phosphore organique contenu dans le coagulum (beurre-caséine) nous avons employé la méthode qui consiste à oxyder préalablement les matières organiques par l'acide azo-

(¹) Bordas et Rackowski, *Comptes rendus*, 1902, p. 1592, et *Comptes rendus*, 1903, p. 56.

tique et le permanganate de potassium, en suivant les indications de M. Marie.

Voici, à titre d'exemple, les résultats que nous avons obtenus pour un des échantillons de lait de vache que nous avons examiné :

	P^2O^5 par litre de lait.
1° Sur les cendres totales	1^g,663
2° Dans le lactosérum	1,279
3° Sur le coagulum	0,319

Si nous additionnons les résultats des deuxième et troisième dosages (1,279 + 0,319 = 1,598), nous trouvons 1^g,598 de P^2O^5 au lieu de 1^g,663 de P^2O^5 dosé directement sur les cendres totales du lait, c'est-à-dire une différence pratiquement nulle.

Ces résultats ont été confirmés par un grand nombre d'essais et en prenant des laits renfermant des quantités relativement élevées de phosphore, comme celui fourni par une vache venant de vêler et qui contenait, du premier au quinzième jour après le vêlage, de 3^g,39 à 2^g,24 de P^2O^5 total par litre.

Nous avons en outre contrôlé nos résultats en comparant le dosage de l'acide P^2O^5 fait sur les cendres avec celui fait directement sur le lait après oxydation préalable des matières organiques.

Dans les deux cas, les résultats ont toujours été identiques.

En résumé, pour le cas particulier du lait, lorsqu'on fait les cendres de ce liquide on ne provoque aucune disparition de phosphore par l'action du charbon sur les phosphates, et la matière grasse n'entraîne aucune partie du phosphore à l'état de combinaison volatile.

Nous possédons donc un moyen simple de doser le phosphore total du lait qui se retrouve tout entier dans les cendres, et nous pouvons définir la quantité de phosphore sous ses deux états en complétant le dosage précédent par celui du phosphore contenu dans le lactosérum, ou celui du phosphore du coagulum après précipitation par l'acide trichloracétique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence combinée du zinc et du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Javillier**, présentée par M. E. Roux.

L'expérience montre que de petites quantités de zinc ou de manganèse ajoutées au liquide de culture de *l'Aspergillus niger* permettent l'obtention

de récoltes supérieures en poids à celles que fournit le même milieu dépourvu de ces éléments.

Ce résultat s'explique en admettant que le zinc et le manganèse, présents chez les végétaux, sont des éléments indispensables au fonctionnement intégral de la cellule, qu'ils interviennent dans les transformations dont la plante est le laboratoire comme des réactifs catalytiques, grâce auxquels s'élaborent, au moins en partie, les principes immédiats.

Il était à supposer, d'après cette explication, que le zinc et le manganèse introduits, non plus séparément, mais à la fois dans le liquide nutritif, permettraient d'obtenir des récoltes plus abondantes encore qu'avec chacun d'eux. Nous avons entrepris à ce sujet d'assez nombreuses expériences dont nous allons donner aujourd'hui une brève description et les principaux résultats.

Le liquide nutritif, préparé comme dans nos expériences antérieures [1] avec des sels aussi purs que possible, a été réparti dans quatre séries de flacons : la première série, sans zinc ni manganèse, servait de témoin; la seconde contenait du zinc; la troisième du manganèse et la dernière du zinc et du manganèse. Les récoltes ont eu lieu, suivant les expériences, après 4, 5 ou 6 jours. Les mycéliums ont été lavés rapidement, à plusieurs reprises, avec de l'eau distillée, pressés à la main, séchés à l'étuve jusqu'à poids constant et pesés.

Voici, sous forme de Tableau, les résultats obtenus:

Forme du vase.	Volume du liquide.	Température.	Durée de la culture.	Témoins. Récoltes.	Zinc. Dilutions.	Zinc. Récoltes.	Manganèse. Dilutions.	Manganèse. Récoltes.	Zn+Mn. Récoltes.
Matras de 2^l.	250 cm³	32°	4j	1,03 g [2]	$\frac{1}{100\,000}$ [3]	2,38 g	$\frac{1}{2500}$	1,55 g	2,70 g
	»	»	»	1,12	»	2,57	$\frac{1}{500}$	1,33	2,94
	»	33	»	1,70	»	3,01	$\frac{1}{10\,000}$	2,10	3,67
	»	»	»	1,31	$\frac{1}{500\,000}$	3,18	»	2,23	3,72
	»	»	»	1,33	»	2,53	»	2,38	2,98
	»	27	6j	1,72	»	2,61	»	2,65	2,80
	»	31	»	2,18	»	2,80	»	2,84	2,90
	»	»	»	2,05	»	2,87	»	2,90	3,10
	»	»	»	2,12	»	2,87	»	2,92	3,08

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 225.

(2) Les poids secs donnés dans ce Tableau sont les moyennes des récoltes faites, en général, dans trois ou quatre flacons.

(3) Les dilutions sont rapportées au métal (pris sous forme de sulfate).

					Zinc.		Manganèse.		
Forme du vase.	Volume du liquide.	Température.	Durée de la culture.	Témoins. Récoltes.	Dilutions.	Récoltes.	Dilutions.	Récoltes.	Zn+Mn. Récoltes.
	cm³	°		g		g		g	g
Flacons cylindr. de 0^l,5.	100	32	5^j	0,71	$\frac{1}{25\,000\,000}$	1,09	$\frac{1}{25\,000}$	0,82	1,16
	»	»	»	0,71	$\frac{1}{10\,000\,000}$	1,11	$\frac{1}{10\,000}$	0,78	1,13
	»	»	»	0,71	$\frac{1}{1\,000\,000}$	1,20	$\frac{1}{1000}$	0,83	1,12
Flacons coniques de 1^l,5.	500	27	100^h	3,05	$\frac{1}{20\,000\,000}$	4,43	$\frac{1}{10\,000}$	3,77	4,82
	»	33	»	2,80	$\frac{1}{25\,000\,000}$	3,94	$\frac{1}{25\,000}$	3,55	4,39
	»	»	»	3,00	»	4,54	»	3,54	4,77
	»	»	»	2,90	$\frac{1}{10\,000\,000}$	4,16	$\frac{1}{10\,000}$	4,40	5,27
	»	»	»	3,00	»	5,21	»	3,81	5,68
	»	»	»	3,00	$\frac{1}{3\,000\,000}$	5,51	$\frac{1}{5000}$	4,25	6,17
	»	»	4^j	1,86	$\frac{1}{500\,000}$	3,85	»	3,25	5,12
	»	»	»	1,92	»	4,13	»	2,95	5,17

Comme on peut le voir en comparant ces résultats, on obtient toujours des poids de récolte plus grands après l'addition simultanée de zinc et de manganèse qu'après l'addition d'un seul de ces métaux.

Si, par exemple, on représente par 100 le poids de matière sèche récoltée avec le liquide témoin, on obtient, au plus, dans les expériences parallèles, 242 avec le zinc et 170 avec le manganèse. Le poids de la récolte s'élève jusqu'à 284 lorsqu'il y a les deux métaux à la fois dans le milieu de culture.

L'influence combinée du zinc et du manganèse se fait sentir d'une manière avantageuse, non seulement aux doses que nos expériences antérieures ont permis de reconnaître comme étant les plus favorables pour chaque métal pris en particulier, mais encore à toutes les doses inférieures à ces doses optima.

Ces faits, étendus à d'autres éléments catalytiques de la cellule vivante et à d'autres végétaux que *l'Aspergillus*, sont susceptibles de prendre une grande importance économique par leur application à la pratique agricole.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des radiations ultraviolettes sur l'amidon.* Note de M. L. **Massol**, présentée par M. E. Roux.

Si l'on expose des solutions de 2 pour 1000 à 1 pour 100 d'amidon soluble (préparé par chauffage de 3 heures à 150°) à 0^m,10 d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure consommant 300 watts, on constate que l'amidon perd peu à peu la propriété de bleuir l'iode : comme dans le phénomène de

la saccharification de l'amidon, la teinte franchement bleue passe par le violet, le rouge, le rose, pour arriver au jaune. La vitesse de transformation augmente quand la concentration décroît et quand on acidifie le milieu. La solution a acquis la propriété de réduire très nettement la liqueur de Fehling; elle devient moins précipitable par l'alcool, et la partie soluble dans l'alcool, douée de propriétés réductrices, possède un pouvoir rotatoire droit.

Voici, à titre d'exemple, une de nos expériences qui ont été faites avec le concours obligeant de M. Marmier :

On irradie en trois fois, pendant 25 heures, $1^g,7$ d'amidon soluble en présence de $1^g,715$ d'acide sulfurique pour 1000^{cm^3}. La même quantité d'amidon est traitée comparativement au bain-marie à 72°. On neutralise les deux liquides par la soude, on les précipite par 10^{vol} d'alcool à 95° et l'on filtre. On évapore l'alcool et l'on reprend le résidu sec par 100^{cm^3} d'eau. Voici nos différentes déterminations :

	Irradié.	Bain-marie.
Extrait sec	$0^g,965$	$0^g,224$
Polarisation sur $0^m,20$	$+1°24'$	$+0°7'$
Sucre exprimé en maltose	$0^g,4213$	$0^g,0205$
Après saccharification totale :		
Sucre en glucose	$0^g,4703$	$0^g,046$
Polarisation	$+0°20'$	$+0°2'$

En ce qui concerne la détermination de la nature des sucres formés, nous avons envisagé les trois hypothèses suivantes :

1° *Maltose-dextrines.*

Nos deux réductions, avant et après saccharification, nous permettent de calculer le poids de dextrines, qui se trouve sensiblement égal à celui de la partie traitée au bain-marie. A l'aide du poids de maltose et de ce poids de dextrines, pour lesquelles nous admettons un pouvoir rotatoire de $+200°$, nous calculons la déviation polarimétrique de $+1°16'$, qui diffère légèrement de celle lue directement ($+1°24'$). Pour l'amidon non irradié, l'erreur relative est beaucoup plus considérable et cette hypothèse ne lui convient pas.

2° *Glucose-dextrines.*

Le même calcul nous donne pour l'amidon irradié une rotation de $+1°3'$ au lieu de $1°24'$ (lecture directe). L'écart est beaucoup plus considérable; cette hypothèse est moins probable que la précédente. En revanche, elle convient parfaitement à l'amidon non irradié.

3° Enfin l'hypothèse *maltose, glucose-dextrines* nous donne des nombres impossibles.

Dans une autre expérience, l'hypothèse maltose-dextrines nous a donné également des résultats concordants : elle est donc plus probable que l'hypothèse glucose-dextrines qui, par contre, convient parfaitement à l'amidon non irradié. Il semble, par suite, que le sucre réducteur formé par les radiations ultraviolettes soit du maltose ; le peu de produit que nous possédions ne nous a pas permis de l'identifier plus complètement.

Cette transformation, intéressant la physiologie végétale, n'est due ni à l'influence de l'acide, ni à celle de la température, ni à celle de l'eau oxygénée ([1]). L'expérience ci-dessus élimine l'acide et la température, puisque la température de nos liquides irradiés n'a jamais dépassé 30°. D'autre part, nous avons constaté directement que l'eau oxygénée qui se forme (en quantité d'ailleurs inappréciable) est incapable, dans les conditions de notre expérience, de produire cette transformation. L'action photochimique du phénomène est donc bien établie.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Ferments digestifs des hexotrioses et du stachyose.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. A. Dastre.

Depuis les recherches déjà anciennes de W. Pautz et Vogel (1895), E. Fischer et Niebel (1896) qui, essayant de provoquer une hydrolyse du raffinose avec des extraits d'organes, n'obtinrent que des résultats négatifs, personne, à notre connaissance, ne s'est occupé de la recherche dans la série animale de ferments capables d'hydrolyser les hexotrioses et le stachyose. Nous avions commencé à ce sujet des recherches avec MM. Giaja ([2]) et Barthet que nous avons complétées et dont voici les résultats :

1. *Ferments digestifs du raffinose, du gentianose et du stachyose* ([3]). — De tels ferments ne se rencontrent pas dans le tube digestif des animaux supérieurs : les macérations de muqueuse intestinale de chien ou de lapin, filtrées ou non sur bougie Berkefeld, additionnées de toluol ou de NaF, qui intervertissent très rapidement le sucre de canne, n'hydrolysent pas les polyoses. Ces ferments au contraire se trouvent très abondamment dans le suc gastro-intestinal des Mollusques (*Helix pomatia* L., *H. aspersa*), ou des Crustacés (*Astacus fluviatilis* Rond. et *A. Leptodactylis* Esch.).

([1]) Mme Gatin-Gruzewska, *Comptes rendus*, 1er mars 1909.

([2]) *Comptes rendus Soc. Biologie*, 24 novembre 1906 et avril et décembre 1908.

([3]) Le gentianose et le stachyose ont été préparés par les procédés de G. et C. Tanret.

Les sucs digestifs de ces animaux attaquent très rapidement le saccharose et les polysaccharides cités : leur action est déjà manifeste au bout de 3 heures à 38°. Ces sucs digestifs, filtrés sur bougie Berkefeld ou sur sac de collodion, conservent encore une activité très nette. Ils perdent tout pouvoir après chauffage à 80°.

Les travaux de Scheibler et Mittelmeier, Bourquelot et Hérissey, de C. Tanret nous ont appris que la dislocation de la molécule de raffinose, de gentianose ou de stachyose par les acides, les ferments de la levure ou de l'*Aspergillus niger* se fait en deux temps : il y a d'abord séparation de la molécule de *d*-fructose, avec formation d'un biose (mélibiose, gentiobiose) dans le cas des trioses, et formation d'un triose (manninotriose) avec le stachyose ou mannéotétrose; puis ces sucres intermédiaires sont hydrolysés à leur tour : premier mode de clivage. D'autre part C. Neuberg a montré qu'en faisant agir sur le raffinose une autre source de diastases, l'émulsine d'amandes, on n'obtient pas alors de mélibiose et de *d*-fructose, mais du galactose et du saccharose : second mode de clivage.

Comment se fait la désagrégation moléculaire de ces polysaccharides par les diastases animales dans l'acte de la digestion ? Les données fournies par l'examen optique et le dosage G. Bertrand nous indiquent que tout se passe comme avec les acides (1): la séparation de la molécule de *d*-fructose constitue dans la digestion une première phase rapide (l'influence de la température est ici très marquée de 15° à 50° où elle est maxima) ; la seconde phase, plus lente, correspond à l'hydrolyse des sucres intermédiaires formés. Les courbes représentant les pouvoirs rotatoire et réducteur traduisent ce phénomène, elles présentent un point anguleux. Nous avons tenu pourtant à fournir la preuve complète en caractérisant le *d*-fructose et les sucres formés : le lévulose a été isolé par le procédé classique de MM. Jungfleisch et Lefranc ; les autres sucres ont été isolés ou caractérisés par leur osazone (2).

Ces mêmes sucs digestifs mis en présence de manninotriose ou de mélibiose les dédoublent entièrement; la transformation s'opère déjà à + 15°, elle est plus rapide à 48° ou 50°; elle est retardée par l'addition de NaF.

La mélibiosazone elle-même est scindée par le suc gastro-intestinal d'*Helix* en galactose et glucosazone, c'est une preuve nouvelle que dans le mélibiose la fonction aldéhydique appartient bien au reste de glucose. Le suc digestif d'*Helix* renferme donc, en outre de tous les ferments que nous avons pu déjà y déceler, une mélibiase, une gentiobiase, une manninotriase.

Comme, depuis les recherches d'Em. Fischer, on sait que la plus légère modification dans la structure ou la configuration d'un polysaccharide est suffisante pour arrêter l'action d'une enzygme, on doit admettre que dans le raffinose, le gentianose et le stachyose, la molécule de *d*-fructose est reliée de même façon à la molécule de glucose,

---

(1) Et ceci contrairement à ce qui a lieu pour la lactosazone, la lactose-urée, etc., l'amygdaline, dont le clivage produit par ces mêmes sucs digestifs est très différent du clivage réalisé par les acides.

(2) La mélibiosazone et la manninotriosazone fondaient respectivement à 190°-192° et 122°-124° fusion instantanée au bloc Maquenne. (Le contrôle a été fait avec les osazones des sucres purs.)

en un mot que le point d'attache est le même; c'est en ce point précisément que s'exerce l'action du ferment. Du fait que l'invertine des Invertébrés hydrolyse à la fois le sucre de canne et les polyoses, alors que la sucrase des animaux supérieurs limite son action au seul saccharose, faut-il admettre une différence de structure entre ce dernier sucre et les polyoses? Nous ne le croyons pas, par analogie avec ce qui se passe avec les lactases et pour des raisons déjà indiquées ici (*Comptes rendus*, 5 avril 1909) nous pensons qu'il s'agit d'espèces d'un même *genre invertine* et nous avons donné le nom *lévulo-polyase* à l'invertine qui effectue dans les polyoses la séparation du lévulose.

2° *Ferments digestifs du rhamninose.* — Le rhamninose, triose isolé par MM. C. et G. Tanret (*Bull. Soc. chim.*, 20 décembre 1899) donne en s'hydratant 2^{mol} de rhamnose et 1^{mol} de galactose. La levure de bière, l'émulsine, les zymases de l'*Aspergillus niger* sont sans action sur lui. Nous avons réussi à obtenir le dédoublement de ce sucre par une diastase contenue dans le suc digestif d'*Helix :* nous la désignons sous le nom de *rhamnino-rhamnase*. MM. Tanret ayant déjà donné le nom de *rhamninase* au ferment qui transforme la xanthorhamnine en rhamnétine et rhamninose.

Conclusions. — Nous savons que l'utilisation des sucres complexes exige leurs transformations préalables en monoses (Cl. Bernard, Dastre, Bourquelot) et nous venons de voir que la digestion des hexotrioses se fait en deux temps et celle du stachyose (mannéotétrose) en trois temps (¹) exigeant l'intervention successive de deux et trois diastases. Les animaux supérieurs ne sécrètent pas ces ferments; ils ne peuvent donc utiliser, et dans une certaine mesure seulement, que les polyoses dont l'hydrolyse plus ou moins profonde est réalisée par le HCl du suc gastrique (²). Les Invertébrés, au contraire, peuvent entièrement utiliser de nombreux polysaccharides, car ils sécrètent les ferments nécessaires à tous les stades de la digestion.

ZOOLOGIE. — *Les Cerfs de la forêt de Chantilly sont décimés par les Helminthes.* Note de M. E. **Brumpt**, présentée par M. Edmond Perrier.

Depuis quatre ou cinq ans les Cerfs vivant dans la partie de forêt qui s'étend entre la ville de Chantilly et les étangs de la Reine-Blanche, sont atteints d'une maladie énigmatique que certaines personnes de la contrée attribuent, à tort d'ailleurs, à une nourriture insuffisante. J'ai eu l'idée, allant à Chantilly il y a quelques semaines, de voir si les Cerfs de la forêt n'étaient

(¹) *Comptes rendus*, 20 février 1911.

(²) Le raffinose, le gentianose et le stachyose sont attaqués à 38° par l'HCl du suc gastrique.

pas atteints par des parasites comme les Douves du foie ou les Strongles qui déciment les animaux domestiques. A cet effet je recueillis sur la pelouse du champ de courses les déjections d'un certain nombre d'animaux différents, ainsi qu'il est facile de le faire en comparant le volume et la forme des crottes. En examinant ces déjections au microscope, je constatai que presque tous les animaux étaient infestés à un degré plus ou moins marqué par des Strongles de l'intestin ou par ceux du poumon. Je retournai alors à Chantilly faire une enquête rapide et j'appris par différents piqueurs et gardes que depuis plusieurs années les animaux étaient moins beaux et que d'autre part il y avait cette année une mortalité énorme. Dans le seul mois de février 1911 il est mort environ une vingtaine de faons de 10 à 11 mois, sans compter ceux qui ont pu mourir sans contrôle dans quelque coin isolé de la forêt, et cela sur un troupeau de Cerfs qui atteint environ une centaine de têtes.

D'ailleurs en traversant la forêt j'ai eu l'occasion de voir de jeunes animaux très maigres qu'on pouvait approcher facilement et qui s'enfuyaient mollement en entendant du bruit. Grâce à M. Louis Fradin qui a bien voulu me prévenir télégraphiquement chaque fois qu'un décès de Cerf était constaté, j'ai eu l'occasion de faire trois autopsies dont voici le résumé.

N° 24. Biche de deux ans, autopsiée le 6 mars 1911. Cette biche, très maigre, dégage une odeur fétide due à un commencement de décomposition et surtout à un liquide roussâtre qui sort par la vulve. L'ouverture de l'animal montre un liquide séro-sanguinolent dans l'abdomen, et la matrice renferme un fœtus de 2 mois environ, macéré. Les poumons, sains extérieurement, présentaient cependant sur toute leur surface des petites taches rouges circulaires, ressemblant aux piqûres que les Puces produisent sur la peau. Dans les bronches remplies de mousse et de mucosités se trouvaient de nombreux Strongles en assez mauvais état. Aucun parasite dans le foie, dans l'estomac, dans l'intestin grêle; quelques Œsophagostomes dans le cæcum. Le rectum est rempli par des boules de déjections grosses comme le poing. L'avortement de cette biche est-il dû à la strongylose pulmonaire, c'est ce que je ne saurais affirmer.

N° 25. Faon mâle de 10 mois environ, autopsié le 9 mars 1911. Cet animal, très maigre, ne présente pas de liquide dans le péritoine. Les poumons, sains extérieurement et dépourvus de nodosités, présentent d'assez nombreuses petites taches rouges; dans les bronches et les bronchioles se trouve une mousse sanguinolente et des mucosités ainsi que 200 échantillons de Strongle (*Dictyocaulus Nœrneri*, Railliet et Henry). Dans le premier tiers de l'intestin grêle je trouve en abondance un Strongle : *Nematodirus roscidus* Railliet n. sp., ayant de gros œufs de 160$^{\mu}$ à 226$^{\mu}$ de long, sur 80$^{\mu}$ à 96$^{\mu}$ de large, ressemblant aux œufs du Strongle filicol, mais présentant un réseau très délicat à leur surface, et un Trichotrachélidé : *Capillaria* n. sp. [1]. Le cæcum renferme

[1] L'étude zoologique de ces parasites peu connus du Cerf fera l'objet d'un travail particulier.

41 *Trichocephalus affinis* femelles et 5 mâles ainsi que 10 *Œsophagostomum venulosum*, espèce qui vit également chez le Mouton et la Chèvre. Le rectum renferme de grosses boules d'excréments.

N° 26. Faon mâle de 10 mois environ, autopsié le 12 mars 1911. Animal très maigre présentant dans ses poumons, semblables à ceux du précédent, 140 Strongles (*Dictyocaulus Nœrneri*). Pas de parasites dans les estomacs. Dans le premier tiers de l'intestin grêle nombreux *Capillaria* et *Nematodirus roscidus*, rien dans les deux tiers postérieurs. Cæcum avec 4 Œsophagostomes et 65 *Trichocephalus affinis* femelles accompagnés de 13 mâles. Dans le rectum les déjections sont également conglomérées en grosses boules pâteuses.

Tableau indiquant le nombre d'œufs ou d'embryons trouvés dans la superficie d'une lamelle couvre-objet $32^{mm} \times 22^{mm}$.

N°s.	Dates.	*Dictyocaulus Nœrneri* (embryons).	*Dictyocaulus filaria* (embryons).	*Œsophagostomum venulosum* (œufs).	*Strongle* sp. ? (œufs).	*Nematodirus roscidus* (œufs).	*Capillaria* n. sp. (œufs).	*Trichocephalus affinis* (œufs).
1.	28 février.....	3	0	0	0	1	0	0
2.	»	5	1	0	0	1	0	0
3.	»	0	1	1	0	0	2	0
4.	»	2	0	0	0	0	0	0
5.	»	5	0	0	0	0	1	0
6.	»	2	0	0	0	0	0	0
7.	»	6	0	2	0	4	0	0
8.	»	2	0	1	0	0	0	0
9.	»	2	0	0	0	0	1	0
10.	»	0	0	0	0	0	0	0
11.	»	1	0	0	0	0	0	0
12.	6 mars.......	1	0	0	0	3	1	1
13.	»	23	0	0	0	0	0	0
14.	»	7	0	0	0	1	0	0
15.	»	2	0	0	0	2	0	1
16.	»	6	0	0	0	0	0	0
17.	»	8	0	0	0	0	0	0
18.	»	7	0	5	0	0	0	0
19.	»	0	0	0	0	0	0	0
20.	12 mars.......	3	0	2	0	0	0	0
21.	»	41	0	11	3	0	2	0
22.	»	3	0	1	1	0	0	0
23.	»	3	0	3	1	0	1	0
24.	6 mars.......	13	0	4	0	0	0	0
25.	9 mars.......	20	0	1	1	1	2	0
26.	11 mars.......	3	0	1	0	2	3	3

Ces trois animaux sont morts des suites de leur strongylose pulmonaire compliquée, dans les deux derniers cas, d'helminthiase intestinale.

Le Tableau précédent montre que parmi les animaux 1 à 23, il y en a quelques-uns qui sont aussi parasités que ceux signalés ci-dessus (24, 25, 26), peut-être sont-ils morts actuellement, et, s'ils guérissent, ils deviendront des porteurs de germes et infesteront davantage les pâturages.

Ce Tableau montre que sur 26 Cerfs examinés 23 hébergent des Strongles du poumon, 11 présentent des Œsophagostomes, 8 des *Nematodirus* et 8 des *Capillaria* (1).

Tous ces Helminthes se développent facilement les années humides, c'est pour cette raison que depuis quelques années ces maladies font beaucoup de victimes, d'autre part il existe à Chantilly un endroit constamment humide et chaud qui réalise un véritable champ d'expérience, c'est la piste du champ de courses qui est arrosée durant tout l'été et où les Cerfs viennent pâturer toutes les nuits, semant les œufs et les embryons parasites qui les réinfesteront quelques semaines plus tard.

C'est la première fois que ces strongyloses du Cerf sont signalées en France et, comme c'est dans le beau domaine que le duc d'Aumale a légué à l'Institut que j'ai eu l'occasion de les observer, j'ai pensé qu'il serait intéressant de présenter ce rapport à l'Académie des Sciences.

ZOOLOGIE. — *Le Loup de l'Inde* (Canis pallipes *Sykes*), *souche ancestrale du Chien domestique*. Note de M. **E.-L. Trouessart**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les naturalistes et les paléontologistes ne sont pas encore arrivés à se faire une opinion ferme sur l'origine du Chien domestique. Dans un des plus récents travaux qui traitent de cette origine, le professeur Studer, de Berne, dit formellement : « La question de savoir si nos Chiens domestiques dérivent d'une race à part, qui aurait vécu dans le quaternaire, ou d'une des espèces sauvages telles que le Loup, le Chacal, reste encore ouverte jusqu'à présent (2). »

Cependant, dès l'année 1877, le professeur Jeitteles, de Vienne, avait

(1) Grâce à l'obligeance de MM. Paul Lebaudy et René Caucurte j'ai pu me procurer les viscères d'un Cerf de 3 ans tué en chasse à courre à Fontainebleau le 15 mars 1911 et constater, aussi bien par l'autopsie que par l'examen microscopique des déjections, que cet animal était tout à fait indemne de parasites. Il n'y a d'ailleurs pas d'épizootie sur les Cerfs de Fontainebleau.

(2) Studer, *Chien préhistorique de Russie* (*L'Anthropologie*, 1905, p. 269).

proposé de considérer le *Canis pallipes* de l'Inde comme représentant l'ancêtre sauvage du Chien domestique [1]. Mais Jeitteles entoure ce rapprochement de telles restrictions, il semble même si mal connaître le petit Loup de l'Inde, qu'il n'a pu convaincre la plupart des naturalistes qui sont venus après lui. Bien plus, il figure sous le nom de *Canis matris-optimæ*, en le rapprochant à la fois du Chien domestique et du *Canis pallipes*, un crâne quaternaire qui présente tous les caractères du Loup (*Canis lupus*). L'idée qui semble prévaloir aujourd'hui (et c'est notamment celle de M. Studer), c'est que le Chien domestique descendrait d'une espèce européenne, éteinte depuis le Quaternaire. Je ne puis partager cette opinion.

Grâce à l'obligeance de M. Edmond Perrier, j'ai pu examiner la nombreuse série de crânes de Canidés sauvages et domestiques faisant partie des collections d'Anatomie comparée du Muséum national de Paris. Parmi les Loups et les Chacals, la presque totalité des espèces diffère tellement du Chien de berger [2] qu'il est impossible d'en tenir compte pour cette recherche. Il n'y a que deux exceptions : *Canis dingo* et *Canis pallipes*. M. Studer a déjà signalé les rapports que le Dingo d'Australie montre à la fois avec son *Canis poutiatini* du lœss de Russie et le Chien de Berger; mais le *Canis pallipes* de l'Inde présente avec ce dernier des affinités beaucoup plus étroites et qui constituent une identité presque complète.

Le Chien domestique, quelle que soit sa race, se distingue à première vue des Loups, des Chacals et des Renards par le profil supérieur de son crâne. La forte saillie du frontal, la dépression de la glabelle et de la région fronto-nasale impriment à ce profil une double courbure très caractéristique. Cette conformation entraîne le redressement des orbites qui s'ouvrent en avant, ce qui permet à l'animal de regarder franchement en face. De plus, la crête sourciliaire du bord interne de l'orbite, formée par la suture de l'apophyse du frontal avec le lacrymal, est saillante en avant et bordée, en dedans, par un sillon plus ou moins profond. L'extrémité antérieure des os nasaux dépasse l'intermaxillaire. Enfin, la carnassière supérieure est relativement plus petite que chez le Loup.

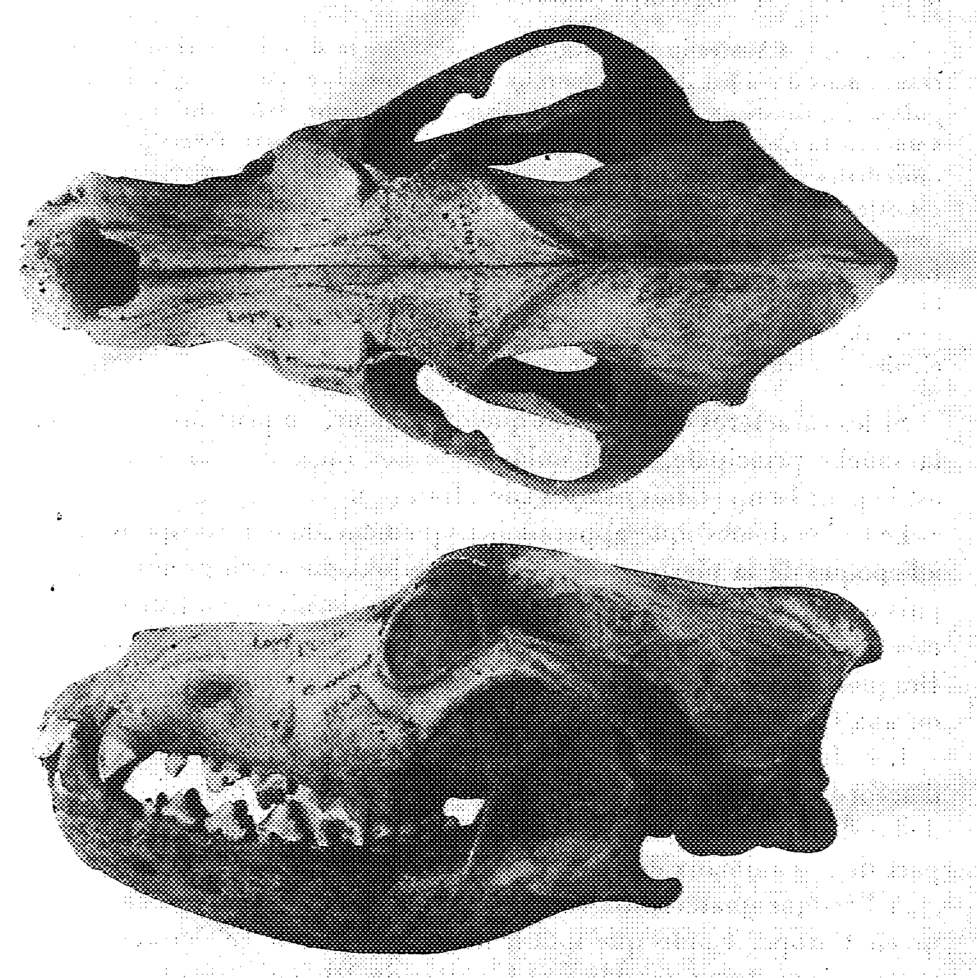
Par contraste, avec cet ensemble de caractères, le profil du crâne des Loups, des Chacals et des Renards ne présente qu'une seule courbure, nettement convexe chez les grandes espèces, presque droite chez les petites. Il en résulte que l'ouverture des orbites est oblique, dirigée vers le haut, comme chez les Reptiles : c'est ce qui donne au Loup le regard « faux et fuyant » signalé par tous les observateurs. Le bord interne de l'orbite est lisse et dépourvu de crête sourciliaire saillante. L'extrémité antérieure

---

(1) JEITTELES, *Die Stammväter unserer Hunde-Rassen*, Wien, 1877, avec fig.

(2) Buffon indique déjà cette race comme la plus convenable pour établir une comparaison avec les espèces sauvages.

des os nasaux ne dépasse pas l'intermaxillaire. Enfin, la carnassière est très forte, au moins chez le Loup.



Crâne de *Canis pallipes* : face supérieure et profil (demi-grandeur naturelle).
(Collections d'Anatomie comparée du Muséum, par Duvaucel, 1825.)

Le *Canis pallipes*, de l'Inde [1], est le seul Canidé sauvage qui présente cette crête sourciliaire saillante si caractéristique du Chien domestique. Chez *Canis pallipes* cette crête est même tellement prononcée que le sillon qui la limite en dedans forme une véritable fossette. Par tous ses autres caractères,

---

[1] Je prends comme type un crâne des collections de Duvaucel (1825), étiqueté par lui « *Canis lupus* », le *Canis pallipes* n'ayant été distingué qu'en 1831.

cette espèce ressemble au Chien domestique et nullement au Loup, avec lequel on l'a si longtemps confondue.

Le Dingo d'Australie présente bien, lui aussi, la double courbure du profil du crâne; mais il n'a pas de crête sourciliaire saillante. Tout en se rapprochant de *Canis pallipes*, il constitue une espèce bien distincte. La figure, très réduite, que M. Studer a donnée du *Canis poutiatini* ne permet pas de décider si cette forme possède la crête sourciliaire que je viens de décrire.

Cette crête se retrouve même chez les très grands Chiens domestiques que l'on considère comme le résultat de croisements avec le grand Loup du Nord (Chien des Esquimaux, Danois, Dogues d'Ulm, etc.). Ainsi, malgré ces alliances étrangères, l'influence de la souche primitive est restée nettement empreinte sur toutes nos races domestiques, qui présentent constamment la double courbure du crâne, la crête sourciliaire, la carnassière supérieure réduite, etc.

Si les caractères craniens ont quelque valeur, on peut donc affirmer que la souche principale, sinon unique, de nos races de Chiens domestiques est le petit Loup (*Canis pallipes*) de l'Inde [1].

Le Chien domestique apparaît brusquement dans l'Europe occidentale, à l'époque de la pierre polie, dans les Kjökkenmöddings du Danemark, puis dans les Palafittes de la Suisse. Dans ces dernières on trouve déjà deux races distinctes : le « Chien des tourbières » (*Canis palustris*), voisin de nos Braques, et le « Chien de l'âge de bronze », analogue au Chien de Berger ou aux Chiens courants.

Les documents zoologiques, paléontologiques et archéologiques sont d'accord pour nous faire admettre que ces deux races ont été domestiquées d'abord dans l'Asie méridionale, puis introduites en Europe, comme la plupart de nos animaux domestiques.

A l'époque quaternaire, la civilisation a dû être plus précoce dans l'Inde qu'en Europe. Tandis que tout le nord et l'ouest de ce dernier continent, y compris le massif des Alpes et la vallée du Rhône, étaient ensevelis sous un épais manteau de glace, les plaines de l'Hindoustan, plus privilégiées, échappaient à l'extension des glaciers des montagnes. Une industrie primitive, pastorale et agricole, pouvait s'y développer. Le Chien domestique, descendant du *Canis pallipes*, s'y était déjà diversifié en plusieurs races, semblables au *Canis palustris* et au Chien de l'âge du bronze, races que l'on retrouve, sans changements, dans toute l'Asie méridionale. C'est vraisem-

---

[1] Je ne fais de réserve que pour les Chiens de l'ancienne Égypte, récemment étudiés par M. Hilzheimer et par MM. Gaillard et Lortet, Chiens qui paraissent descendre de plusieurs espèces de Chacals africains.

blablement par les steppes de la Russie et la vallée du Danube, restées libres des glaces, que ces deux formes canines ont été amenées par les migrations successives des peuplades asiatiques, qui ont laissé leurs débris dans les Palafittes de Suisse et les Terramares d'Italie.

ZOOLOGIE. — Desmocaris trispinosus (= Palæmonetes trispinosus *Aurivillius*), *type d'un nouveau genre, à nombreux caractères ancestraux, de Décapodes palémonides*. Note de M. E. **Sollaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1898, Aurivillius décrivait sous le nom de *Palæmonetes trispinosus* (¹) une petite crevette d'eau douce, recueillie par l'explorateur suédois Y. Sjöstedt, au Kameroun; l'espèce paraît assez largement répandue dans l'Afrique équatoriale, car le Muséum en possède plusieurs exemplaires qui ont été capturés, les uns dans les rivières de la Côte de l'Or, les autres dans le Congo, à Brazzaville. Ce sont des crevettes de faibles dimensions, au corps élancé, qui présentent tous les caractères essentiels de la famille des *Palémonidés;* l'absence de palpe sur les mandibules les avait fait ranger dans le genre *Palæmonetes* de Heller. Or une étude morphologique minutieuse m'a montré qu'il s'agissait en réalité, non pas d'un *Palæmonetes*, mais d'un type très aberrant de Palémonidés, beaucoup plus primitif, par l'ensemble de son organisation, que tous les autres représentants de la famille; bien plus, par certains caractères, cette forme semble établir un *lien* entre les Palémonidés vrais et les Eucyphotes inférieurs du groupe des *Hoplophoridés;* d'où le nom générique de *Desmocaris* (de δεσμὸς : lien) que je lui ai attribué.

I. Tout d'abord, nous trouvons dans *Desmocaris* un certain nombre de dispositions ancestrales qui s'observent encore, parfois seulement à titre d'anomalies, chez d'autres Palémonidés : C'est ainsi que *l'épipodite des maxillipèdes I est simple,* et rappelle tout à fait celui que j'ai décrit dans *Allocaris sinensis* (²); mais, dans l'immense majorité des Palémonidés, cet épipodite, simple seulement dans les premières phases du développement larvaire, devient nettement bilobé chez l'adulte.

Le *telson* présente sur son bord postérieur, comme chez tous les Palémo-

---

(¹) Aurivillius, *Bihang till k. Svenska Vet.-Akad. Handlingar*, Bd. XXIV, Afd. IV.

(²) E. Sollaud, *Allocaris sinensis* n. g., n. sp., ... (*Bull. Mus.*, n° 2, Paris, 1911).

nidés, une rangée de longues soies plumeuses, encadrée par deux paires d'épines articulées latérales; ces épines proviennent de la *transformation sur place* des deux paires de soies les plus externes de l'extrémité du telson larvaire; *la face supérieure*, par contre, *est absolument inerme*. Au contraire, dans les larves de tous les autres Palémonidés, les quatre soies les plus externes, au lieu de se transformer sur place, émigrent peu à peu sur la face dorsale du telson, où elles donnent naissance à quatre spinules articulées; les épines des angles postérieurs proviennent alors des troisième et quatrième paires de soies. J'ai trouvé cependant une femelle anormale d'*A. sinensis* Soll. dont le telson est dépourvu de spinules sur sa face supérieure : les quatre soies les plus externes ont conservé, dans cet individu, la position qu'elles occupaient (aux angles postérieurs), chez la larve nouvellement éclose, ce qui a fait réapparaître chez l'adulte la disposition ancestrale réalisée dans *Desmocaris*.

II. On peut grouper, dans une deuxième catégorie, des caractères qui ne s'observent jamais dans les vrais Palémonidés à l'état adulte, mais qui, chez tous, apparaissent d'une façon transitoire au cours du développement (ce qui indique bien qu'il s'agit de caractères ancestraux) : Dans les larves de tous les Palémonidés, il apparaît de chaque côté de la base du rostre, peu de temps après l'éclosion, deux *épines supraorbitaires;* dans tous les Palémonidés vrais, ces épines disparaissent dans les derniers stades de l'évolution larvaire; *elles persistent au contraire chez Desmocaris* ([1]).

Les maxillipèdes II, comme chez tous les Palémonidés, n'ont plus que six articles (par suite de la soudure du basipodite et de l'ischiopodite), au lieu de sept chez les Hoplophoridés; mais les deux articles terminaux montrent, chez *Desmocaris*, une disposition qui rappelle tout à fait celle des larves âgées des autres Palémonidés. Dans les larves nouvellement écloses, les maxillipèdes II sont formés de sept articles disposés bout à bout, le dernier étant armé d'une griffe terminale (c'est l'aspect qu'ils ont conservé chez certains Pénéidés des genres *Aristeus* et *Gennadas*). Ultérieurement, la portion distale de ces appendices se replie sur elle-même du côté interne, de sorte que les bords primitivement externes des deux derniers articles (articles 6 et 7) viennent s'affronter sur la ligne médiane; ces bords acquièrent des soies crénelées et des épines, et jouent dès lors le même rôle que les

---

([1]) Par suite, la région antérieure de la carapace est armée de chaque côté de trois épines (supraorbitaire, antennaire, branchiostégiale), d'où le nom spécifique de *trispinosus*.

lacinies masticatrices des pièces buccales immédiatement antérieures. Pour assurer la solidité de cet appareil masticateur, l'article 6 prend la forme d'un croissant, qui embrasse la base de l'article terminal, et dont l'une des branches vient renforcer cet article, en progressant peu à peu le long de son bord externe. Finalement, dans les Palémonidés vrais, l'article 7 n'apparaît plus, chez l'adulte, que comme un étroit ruban, appliqué suivant toute sa longueur sur la branche de soutien fournie par l'avant-dernier article. Cette disposition est à peine ébauchée dans *Desmocaris*, où l'article 7 reste large et libre sur la plus grande partie de sa surface, la branche de soutien de l'article 6 n'existant encore que sous forme d'un court et étroit prolongement. C'est la disposition offerte par les autres Palémonidés vers la fin du développement larvaire, et aussi *par la grande majorité des Hoplophoridés, à l'état adulte.*

III. Enfin d'autres caractères, qui paraissent ne se rencontrer ni chez les adultes, ni chez les larves des autres Palémonidés, indiquent des affinités étroites avec les Eucyphotes primitifs de la famille des Hoplophoridés : *Le processus molaire des mandibules* montre, chez *Desmocaris*, une surface masticatrice armée de 8 à 12 lames chitineuses, fortement crénelées, disposées perpendiculairement au bord postéro-interne de cette surface; ces lames se prolongent au delà du bord de la surface masticatrice, et plusieurs se terminent par des piquants très aigus : le tout constitue un appareil parfaitement propre à *déchirer* et à *râper* les aliments. Dans tous les autres Palémonidés, au contraire, la surface masticatrice porte 5 ou 6 grosses saillies (tubercules, dents ou crêtes émoussées), parfaitement aptes à *broyer* les aliments. Or j'ai retrouvé dans les Hoplophoridés du genre *Acanthephyra* une disposition presque identique à celle que nous offre *Desmocaris*. *La mandibule de* D. trispinosus (bien que nettement bipartite, contrairement à celle des Hoplophoridés) *ressemble plutôt à celle des* Acanthephyra *qu'à celle des Palémonidés.*

Les *doigts* des pinces sont armés, dans *Desmocaris*, d'une rangée de denticules aigus, étroitement serrés les uns contre les autres, donnant au bord interne de ces doigts l'apparence d'un peigne; *c'est là un caractère très primitif*, qui non seulement s'observe dans la plupart des Hoplophoridés, mais se retrouve presque identique dans beaucoup de Pénéidés. Rien de comparable dans les vrais Palémonidés, où le bord interne des doigts est armé d'une crête tranchante simple ou renflée çà et là (aux chélipèdes II) en tubercules émoussés.

IV. Bien d'autres détails de structure, que je ne puis énumérer dans cette courte note, se retrouvent, plus ou moins nettement indiqués, soit dans les

Hoplophoridés, soit dans les larves des Palémonidés, et correspondent manifestement à des dispositions ancestrales. On peut alors se demander si les ancêtres immédiats des vrais Palémonidés n'étaient pas des formes très analogues à *Desmocaris*. Trois faits s'opposent à cette manière de voir : 1° il existe bien dans *Desmocaris*, comme chez tous les Palémonidés, 8 branchies de chaque côté, mais la podobranchie du maxillipède II semble en voie de disparition et ne comprend plus que 4 ou 5 feuillets; or cette podobranchie est encore bien développée dans les autres Palémonidés (1); 2° le palpe mandibulaire a disparu, alors qu'il a persisté dans la grande majorité des Palémonidés, et notamment dans les deux genres les plus importants de la famille : *Leander* et *Palæmon*; 3° enfin, les deux lobes de la lacinie des maxilles se sont fusionnés en un seul, de sorte que cette lacinie est simple, disposition que je n'ai retrouvée dans aucun autre Palémonidé.

D'autre part, *Desmocaris* paraît bien être aussi voisin de la souche des Pontoniidés que de celle des Palémonidés : beaucoup de Pontoniidés ont en effet conservé l'épine supraorbitaire, et leur système branchial, à peine plus réduit que celui de *Desmocaris*, a forcément passé par un stade analogue; enfin, si tous les Pontoniidés, à l'état adulte, sont dépourvus de soies plumeuses à l'extrémité du telson, ces soies existent chez la larve nouvellement éclose, et existaient certainement chez les ancêtres de ces Crustacés. Dès lors, je crois que *Desmocaris* doit être considéré comme un rameau détaché de la souche commune d'où sont issus Palémonidés et Pontoniidés, et peut-être serait-il légitime, dans ces conditions, d'en faire le type d'une famille spéciale, la famille des *Desmocaridés*.

Quoi qu'il en soit, *Desmocaris* nous apparaît comme une forme d'un haut intérêt, nous permettant de concevoir comment les crevettes très évoluées du groupe Palémonidés-Pontoniidés sont dérivées de formes inférieures, sinon identiques, du moins très analogues aux Hoplophoridés actuels.

MICROBIOLOGIE. — *Résistance opposée au passage des microbes par les bougies filtrantes à revêtement de collodion.* Note de MM. **Grenet** et **Salimbeni**, présentée par M. E. Roux.

On sait, depuis les recherches de Roux, Metchnikoff et Salimbeni, que les membranes de collodion, sous une faible épaisseur, opposent une barrière infranchissable au passage des microbes, tandis qu'elles laissent facilement passer avec les liquides de

(1) Sauf dans le genre *Pseudopalæmon* Sollaud, où la réduction est pourtant moins marquée que dans *Desmocaris*.

culture certains produits toxiques, élaborés par les microbes eux-mêmes (¹). Plus tard Roux et Nocard (²), dans leurs recherches sur la péripneumonie des bovidés, constatèrent que même les germes se trouvant à la limite de la visibilité, et qui passent facilement à travers les filtres en porcelaine, terre d'infusoires, etc. sont arrêtés par les membranes de collodion; et Malfitano montra qu'elles retiennent aussi les colloïdes en suspension dans l'eau (³).

Cela étant donné, l'idée d'utiliser le collodion pour la purification de l'eau potable ne pouvait pas tarder à être envisagée par les hygiénistes, devant le nombre toujours plus grand des maladies d'origine hydrique et devant le fait bien établi que les meilleurs des filtres, qu'on trouve à l'heure actuelle, n'arrêtent les microbes que pendant un temps plus ou moins limité. Cependant, plusieurs difficultés s'opposaient à la réalisation d'un filtre en collodion, répondant aux exigences de la pratique. Parmi ces difficultés, la plus grande était sans doute représentée par la fragilité des membranes qui, pour être douées de propriétés filtrantes, ne doivent pas dépasser une certaine épaisseur, ce qui les rend incapables de supporter les pressions indispensables pour obtenir un débit suffisant. Cette même fragilité rendait, d'autre part, extrêmement difficile et délicate la question du raccord de la membrane ou sac en collodion avec les autres organes, en métal, porcelaine ou verre, de l'appareil à filtration. On sait enfin que, abandonnées dans le milieu extérieur, les membranes de collodion se dessèchent rapidement, se déforment, deviennent cassantes et perdent toutes leurs propriétés filtrantes. Pour les besoins du laboratoire, il est très aisé de les conserver dans de l'eau stérile ou dans l'eau chloroformée; mais dans l'application pratique à la filtration de l'eau potable, qui devrait forcément être confiée à l'industrie privée, ce mode de conservation serait sans doute encombrant et d'une manipulation délicate et gênante.

Nous avons tâché de tourner toutes ces difficultés et de réaliser un filtre pratique en collodion, en utilisant, comme support, la bougie Chamberland, qui est sans doute parmi les filtres actuellement en usage celui qui, par la régularité et la finesse de ses pores, présente le maximum de garanties (⁴).

Lorsqu'on plonge une bougie Chamberland parfaitement sèche dans le

(¹) *Ann. Inst. Pasteur*, t. X, p. 257 et suiv.

(²) *Ann. Inst. Pasteur*, t. XII, p. 240 et suiv.

(³) *Comptes rendus*, t. 139, p. 1221 et suiv.

(⁴) Un certain nombre de bougies à pores très fins, préparées avec des pâtes dont la formule a été établie par l'un de nous (Grenet), nous ont donné de l'eau bactériologiquement pure pendant un laps de 30 jours environ.

collodion, celui-ci ne pénètre pas intégralement même dans les pores les plus superficiels de la matière filtrante. Il n'y a qu'une partie du mélange alcool-éther, qui a servi à la dissolution du coton azotique, qui pénètre dans ces pores en chassant l'air qui s'y trouve et qui se dégage sous la forme de petites bulles d'air, qui restent, en partie tout au moins, dans la couche qui se forme autour de la bougie, lorsqu'on retire celle-ci du collodion.

Si l'on veut avoir une membrane de collodion absolument imperméable aux microbes, il faut, à tout prix, éviter la moindre petite bulle d'air dans son épaisseur, car à ce niveau les microbes finiront toujours par passer après un temps plus ou moins long.

On peut éviter les bulles d'air dans l'épaisseur de la membrane, soit en prolongeant le temps d'immersion de la bougie jusqu'à ce que toutes les bulles soient montées à la surface du collodion où elles éclatent ; soit en faisant le vide à l'intérieur de la bougie au moyen d'une trompe à eau, par exemple, au moment de l'immersion dans le collodion ; soit, enfin, et c'est là le moyen le plus simple et le plus pratique, en chassant l'air des pores par l'immersion de la bougie, immédiatement avant le collodionnage, dans de l'eau ou, mieux encore, dans l'alcool au tiers.

Si on laisse dessécher à l'air la couche de collodion ainsi obtenue, non seulement elle perd très vite ses propriétés filtrantes, mais, une fois sèche, nous l'avons déjà dit, elle se fendille et se détache complètement de la bougie.

Pour obtenir une membrane de collodion très perméable aux liquides, il faut la plonger dans l'eau dès que la couche de collodion a fait prise, ce qui ne demande que quelques secondes; pour obtenir qu'elle reste indéfiniment adhérente à la bougie et qu'elle garde aussi indéfiniment toutes ses propriétés filtrantes, il faut ajouter à l'eau de la glycérine dans la proportion de 50 pour 100.

Pour éviter le bain glycériné on peut tout simplement préparer un collodion renfermant 8 à 10 pour 100 de glycérine. Dans ce cas, on n'a qu'à tremper la bougie dans le collodion pour obtenir une membrane parfaitement adhérente, car la glycérine qu'il renferme est très suffisante pour en empêcher la dessiccation complète.

La perméabilité des membranes de collodion aux liquides varie considérablement suivant les quantités relatives d'alcool et d'éther employées pour dissoudre le coton azotique. Les collodions très riches en éther donnent des membranes très serrées et très peu perméables; en augmentant la quantité d'alcool on arrive à avoir des membranes de plus en plus perméables.

Les bougies collodionnées, s'opposant d'une façon absolue au passage des

microbes, donnent constamment de l'eau bactériologiquement pure. Une bougie collodionnée, montée et mise en marche le 30 octobre 1909, donnait encore de l'eau stérile le 30 octobre 1910 au moment où l'expérience fut arrêtée.

Toutes les fois qu'au cours de nos essais nous avons eu à constater la présence de germes dans l'eau filtrée à travers les bougies collodionnées, nous avons toujours pu retrouver une imperfection quelconque dans le revêtement de collodion.

A part la propriété de retenir d'une façon absolue les microbes, ce qui est au point de vue hygiénique de la plus grande importance, le revêtement de collodion adhérent aux bougies présente, au point de vue pratique, d'autres avantages non moins importants.

Étant imperméable au colloïde le revêtement de collodion empêche le colmatage dans l'épaisseur de l'appareil filtrant qui est dû en très grande partie à l'argille colloïdale et aux matières organiques qui se trouvent en suspension dans l'eau.

Le colmatage en épaisseur étant éliminé, les bougies collodionnées ne sont pas exposées à la brusque et rapide diminution de débit que subissent les bougies non collodionnées. Sous une pression de 20^m environ une bougie Chamberland collodionnée donne 15^l à 18^l d'eau en moyenne dans les 24 heures. Lorsque son débit est réduit à 5^l ou 6^l par jour (ce qui arrive au bout d'un temps qui varie avec les différentes eaux), on peut très facilement, en frottant légèrement sous un jet d'eau à l'aide du doigt ou d'un tampon de coton hydrophile mouillé, débarrasser des impuretés déposées à sa surface la couche de collodion, et le filtre reprend alors, à peu de chose près, son débit primitif.

Si au bout d'un certain temps on désire changer la couche de collodion d'une bougie ayant servi, il suffit de la laisser sécher pour que la membrane éclate et se détache complètement en laissant au-dessous d'elle la bougie intacte et comme neuve. Si au contraire on veut conserver avec sa couche de collodion une bougie ayant déjà servi pendant un certain temps, il faut, au moment où l'on arrête la filtration, démonter la bougie et la plonger pendant quelques instants dans le bain glycériné à 50 pour 100 pour la mettre à l'abri de la dessiccation.

D'une façon générale on doit toujours ajouter un peu d'aldéhyde formique soit au bain glycériné, soit au collodion lui-même, pour empêcher le développement de moisissures à la surface du collodion qui se produirait à la longue, même à la température ordinaire, quand les bougies sont conservées dans un endroit humide.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les deux facteurs de la parthénogenèse traumatique chez les Amphibiens.* Note (¹) de M. E. **Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

La parthénogenèse effective chez les Amphibiens est un fait acquis, mais qui soulève des difficultés considérables. Le pourcentage des développements, dans les conditions où je me suis placé, est extrêmement variable. On verra que je suis arrivé à l'améliorer, mais par un procédé de nature à compliquer mes idées sur le phénomène.

Essais de parthénogenèse électrique. — Les œufs sont étalés sur une lame de clinquant appliquée au fond d'une boîte de Petri, et reliée à l'un des pôles d'une bobine d'induction. Un fil, partant de l'autre pôle, est en rapport avec une aiguille; en portant successivement cette aiguille à la surface ou à une certaine distance de chaque œuf pendant qu'un aide actionne à la main le trembleur de la bobine, j'applique aux éléments soit un choc d'induction, soit une étincelle qui, à la longueur de 1^{cm}, détermine une lésion locale. Les résultats ne diffèrent en rien de ceux qu'on obtient plus facilement en soumettant les œufs en blocs de 2^{cm^3} environ à une série de chocs induits d'intensité variable. L'étincelle qui jaillissait à vide entre les deux électrodes de platine mesurait de 1^{cm} à 10^{cm}. Les œufs reportés dans l'eau s'orientent rapidement, la figure polaire sort de l'inertie, le pronucléus femelle revient au centre pour présider à une série de divisions tardives et irrégulières. *Le matériel est infécondable.* Mais on a beau varier l'intensité et la durée du traitement, on n'obtient qu'un clivage plus ou moins prononcé, jamais la gastrulation.

Piqûre au thermocautère. — Ma surprise fut plus grande encore lorsque, appliquant successivement aux œufs la pointe d'un fin thermocautère, je me heurtai au même obstacle infranchissable.

La destinée uniforme des matériaux dans ces expériences étant celle de la majorité des œufs dans les opérations de piqûre, l'idée s'imposait que, dans la parthénogenèse effective, il y a autre chose que la réaction au traumatisme.

Quand je transporte mon stylet d'un œuf à un autre, il peut déplacer, d'élément à élément, des traces de substance. L'hypothèse tombe devant le contrôle ingrat d'une série d'œufs ponctionnés avec des stylets neufs ou flambés; *il y a des développements.* Restaient les gangues muqueuses à travers lesquelles peuvent circuler les éléments de la lymphe. Si l'on badigeonne les œufs avec de la lymphe ou du sang avant de les piquer, les segmentations sont *beaucoup plus nombreuses* que si on les prend tels quels après incision. Il est vrai que, même en ouvrant les utérus au thermocautère, ou en provoquant la ponte par l'orifice naturel après désinfection, il y a encore des évolutions régulières, mais très peu. Or, avec le traitement par le sang, c'est quelquefois la moitié des œufs qui arrivent à la gastrulation : si beaucoup d'ébauches

(¹) Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

avortent, il faut tenir compte des nombreuses anomalies de segmentation et de l'infection inévitable de la gangue, qui rend le procédé peu recommandable. La technique de choix pour obtenir beaucoup de larves consistera à ouvrir simplement l'utérus d'un coup de ciseaux, en ne craignant pas d'humecter les œufs avec le fluide cavitaire faiblement souillé de sang.

Ceci m'amène à une Note de Guyer (¹) sur l'injection de sang de grenouille à des œufs vierges par le procédé brutal d'un tube capillaire, Note dont j'ai fait l'examen critique dans mon dernier Mémoire (²). Une technique inappropriée et une étude insuffisante d'ébauches certainement abortives nous expliquent seules l'idée déconcertante de l'auteur : un développement excluant même le pronucleus femelle et basé sur la seule prolifération des leucocytes qui isolent plus tard les territoires cellulaires. Guyer s'est trouvé mettre en jeu les deux facteurs d'un développement régulier, mais dans des conditions telles que la parthénogenèse vraie lui a échappée dans toutes ses caractéristiques :

1° *Extrusion du deuxième globule polaire ;*

2° *Retour du pronucleus vers le centre où il fournit la première figure cinétique ;*

3° *Segmentation en deux dans les délais normaux ;*

4° *Clivage régulier, condition indispensable du développement complet ;*

5° *Enfin et surtout, construction de l'ébauche par la voie mitosique exclusivement.*

Mais quel est le principe actif emprunté à l'organisme maternel par la voie du traumatisme ? Il s'agit ici d'une étude très délicate et qui n'est point achevée. Après de vaines tentatives avec le sérum centrifugé, j'incline à penser que les leucocytes, étalés sur l'enveloppe protectrice muqueuse, se trouvent dans les meilleures conditions pour adhérer au stylet et apporter la substance régulatrice avec leur substratum ou un fragment de leur substratum. Il y a aussi les constituants propres du plasma. En tout cas, et c'est là l'essentiel, il paraît difficile d'admettre qu'un élément figuré, s'il intervient, *ajoute quelque chose* à la structure de l'œuf, sa chromatine par exemple.

Contre cette idée, il y a les faits d'observation relatés ci-dessus et aussi la réduction du nombre des chromosomes déjà signalée.

Mais *l'expérience prouve que l'agent régulateur n'est pas spécifique*. Les œufs ont été aussi bien activés en vue d'une évolution régulière par le sang de *Rana esculenta*, de *Triton palmatus*, de *Triton alpestris*, et dans le groupe des Poissons, par les sangs de *Esox lucius* et *Eupomotus gibbosus*. Le sang de poisson m'a même donné un pourcentage exceptionnel au moins pour les débuts : car souvent les divisions se précipitent de façon anormale, comme s'il y avait excès dans le traitement.

Rechercher un leucocyte ou un fragment de leucocyte dans l'œuf n'est pas chose facile. L'important est que les asters surnuméraires de la traînée de ponction n'empê-

(¹) M.-F. Guyer, *The Development of unfertilized Frog eggs injected with blood* (*Science*, 7 juin 1907).

(²) E. Bataillon, *Le problème de la fécondation circonscrit par l'imprégnation sans amphimixie et la parthénogenèse traumatique* (*Arch. de Zool. exp.*, t. VI, n° 2, 1910).

chent pas l'apparition d'une figure dicentrique à la télophase. J'ai décrit ailleurs les belles figures de la 2e division.

Ainsi, chez ces Vertébrés comme dans les groupes inférieurs, nous retombons sur la parthénogenèse en deux temps dissociables. Et ces deux temps, je les définirai provisoirement ainsi dans mon cas particulier.

1° En première ligne se place *la réaction épuratrice de l'œuf* qui élimine ses déchets et s'oriente : cette réaction entraîne l'achèvement de la division polaire, le retour au centre du pronucleus femelle, base d'une évolution languissante, irrégulière et abortive. C'est le résultat obtenu par Loeb avec ses traitements formateurs de la membrane; c'est ce que Harvey, développant des idées identiques aux miennes sur l'épuration rapporterait simplement à un cas de « stimulus reactions ». *Ce sont ici les processus qui, avec la caractéristique de l'infécondabilité, encadrent les faits d'imprégnation sans amphimixie, la monospermie normale et la polyspermie.*

2° Le deuxième temps répond à l'intervention d'un *principe régulateur non défini*, en tout cas *non spécifique*, contenu dans le milieu intérieur de divers types animaux.

Cette *parthénogenèse* spéciale doit conserver le qualificatif de *traumatique*, tant qu'on n'arrivera pas à perméabiliser l'œuf au principe régulateur autrement que par une ponction.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La non-copulation du noyau échangé et du noyau stationnaire et la disparition de ce dernier dans la conjugaison de* Paramecium caudatum. Note de M. **Armand Dehorne**, transmise par M. Yves Delage.

Au cours de recherches sur le processus mitosique chez *Paramecium caudatum*, j'ai retrouvé tous les stades décrits et figurés par Maupas dans son célèbre Mémoire de 1889. Mais les mêmes faits me sont apparus d'une façon différente, et je n'ai pas été amené aux mêmes conclusions que cet auteur.

Maupas montre dans chaque conjugué, après l'échange consécutif à la troisième division du micronucleus, la présence de fuseaux doubles qui résultent à ses yeux de la copulation du noyau échangé et du noyau stationnaire. Il considère le noyau d'échange comme un pronucleus ♂, le noyau stationnaire comme un pronucleus ♀. La conjugaison des Infusoires devient ainsi comparable à une véritable fécondation. Richard Hertwig (1889) et

Clara Hamburger (1904), chez des espèces de Paramécies, déjà étudiées par Maupas, ont confirmé ces résultats et épousé son opinion.

L'observation précise de la division du micronucleus me fait rejeter cette interprétation. Ce fut lors de la première des mitoses qui précèdent l'échange que je commençai à reconnaître, dans des animaux montés en entier et dans d'autres débités en coupes sériées, la nature morphologique du micronucleus. Mais cette première mitose ne se réalise pas autrement que les suivantes, celles qui précèdent et celles qui suivent l'échange; et toutes sont identiques à la division du micronucleus dans la scissiparité.

Je ferai débuter la description de la mitose du micronucleus à la télophase, au moment où la figure mitosique se présente avec un long boyau connectif. Chacun des micronuclei jumeaux encore reliés affecte la forme d'un fuseau trapu et piriforme qui peut donner à un examen rapide l'illusion d'être simple. Mais, en réalité, il se trouve être double sur la plus grande partie de sa longueur; son extrémité proximale ou antipolaire est entaillée profondément, tandis que l'extrémité polaire demeure indivise. Bientôt, le boyau connectif disparaît, et chaque micronucleus piriforme et entaillé évolue pour son compte.

Deux cas peuvent alors se présenter : ou bien le micronucleus entre au repos pour une durée plus ou moins longue, ou bien une autre mitose fait immédiatement suite à la précédente.

Dans le premier cas, voici ce qui se passe :

Pourvu de la forme d'un fuseau dont une extrémité est entaillée et l'autre arrondie, il perd progressivement cette forme en se tassant sur lui-même. Il se transforme en une sorte de petit croissant épais dont les deux becs, correspondant aux pointes de l'extrémité entaillée, se croisent, puis se rabattent l'un sur l'autre. Comme il ne cesse de se contracter, il prend peu à peu l'aspect d'un granule plus homogène qui se montre avide de colorant. Ce processus, qui conduit le micronucleus à l'état quiescent, se rencontre aussi dans la dégénération des fuseaux, lors des mitoses qui précèdent l'échange. Les micronuclei qui disparaissent ne s'évanouissent qu'après avoir subi l'évolution que je viens de décrire.

Dans le second cas qui nous intéresse plus particulièrement, le micronucleus nouvellement formé ne perd pas son aspect de fuseau entaillé.

Il grossit sur place et s'allonge, en même temps qu'il s'entr'ouvre de plus en plus. Il se présente alors sous la forme d'une paire de fuseaux colorables, le plus souvent croisés, et réunis à leur extrémité polaire par un coude de substance achromatique. Le micronucleus ressemble alors à une anse volumineuse qui ne tarde pas à redresser sa courbure.

De ce moment, la figure mitosique de la division est constituée; ses deux extrémités polaires ne sont autres que les deux pointes présentées par le fuseau télophasique du côté du boyau connectif. Cette figure mitosique bipolaire n'est autre que l'ancien fuseau, ouvert selon son grand axe, et développé dans un plan horizontal perpendiculaire à ce dernier.

L'intérêt de cette description est de permettre d'interpréter sûrement les aspects sous lesquels Maupas a cru trouver la réalité d'une fusion de deux noyaux. Tablant sur ce que j'ai vu à la télophase et à la prophase de chaque division micronucléaire, je considère le fuseau double qui se trouve dans chaque conjoint après l'échange et dont les images sont depuis longtemps classiques, comme n'impliquant à aucun degré l'idée de rapprochement et de juxtaposition de deux noyaux. Le *noyau mixte* de Maupas représente simplement un micronucleus ordinaire qui vient d'être introduit et qui s'ouvre dans la situation même où il a été introduit, c'est-à-dire avec l'extrémité entaillée tournée du côté de l'infusoire dont il provient.

Il reste maintenant à montrer ce que devient le noyau stationnaire. D'après Maupas et les auteurs qui confirment ses résultats, son sort n'est pas douteux, puisque ce noyau doit se fusionner avec le noyau étranger. Mais je puis prouver facilement, à l'aide de mes préparations, que le noyau stationnaire a une destinée toute différente. Pendant que le noyau étranger gonfle et s'entr'ouvre en vue de la mitose qui suit rapidement, il entre peu à peu au repos et siège au niveau de la bouche, mais un peu plus loin dans le cytoplasme que le précédent. Il devient très vivement colorable, puis il disparaît au sein de la vacuole qui le contient. Je possède un certain nombre de couples montés dans le baume, après coloration à l'hémalun, qui me permettent d'en faire la démonstration. En général, les micronuclei résultant des premières mitoses, et qui sont condamnés à disparaître, s'évanouissent d'assez bonne heure; il est alors impossible d'apporter la preuve certaine de la dégénération du noyau stationnaire. Mais, chez les individus favorables, outre le macronucleus et le double fuseau (*noyau mixte* de Maupas) se trouvent quatre micronuclei en train de dégénérer. Le plus souvent, trois sont groupés dans la région postérieure; ce sont trois *corpuscules de rebut* de Maupas. Le quatrième se trouve toujours situé dans la région antérieure, au niveau de la bouche et représente le noyau stationnaire.

Hoyer, chez *Colpidium colpoda*, Infusoire étudié aussi par Maupas, avait déjà montré en 1899 la non-copulation du noyau étranger et du noyau stationnaire et la dégénération de ce dernier. Mais ici les faits se présentent

d'une façon beaucoup plus simple; le noyau étranger ne prend pas la forme d'un fuseau double dans le voisinage de la cloison et ne prête pas à confusion. La lecture du Mémoire de Maupas, ainsi que l'examen attentif de ses figures, me permet d'avancer que ce que Hoyer et moi avons trouvé doit être une loi générale pour tous les Infusoires. *Euplotes patella*, si bien étudié par Maupas, mais qui réclame de nouvelles recherches, me paraît devoir confirmer facilement cette règle.

La conjugaison des Infusoires, envisagée du point de vue nucléaire, se ramène à un échange pur et simple du micronucleus entre les deux conjoints, et elle est accompagnée dans chaque individu de la disparition totale de l'ancien appareil nucléaire.

GÉOLOGIE. — *Sur l'efficacité orogénique des tremblements de terre.* Note de M. **Stanislas Meunier**.

Les escarpements des montagnes sont unanimes à proclamer le rôle prépondérant des géoclases ou failles à rejets, dans le phénomène orogénique et il est impossible de concevoir l'intervention nécessaire de ces grandes cassures du sol sans reconnaître que la production d'une chaîne suppose la succession d'innombrables séismes. Cependant le cas ordinaire c'est qu'à la suite des plus désastreuses secousses, on ne peut constater aucune modification persistante de la surface du sol. Quand on y observe une légère dénivellation, on est frappé de son insignifiance et aussi de sa fragilité qui ne lui permet pas de résister longtemps aux phénomènes atmosphériques qui l'effacent bientôt. Il ne faut donc pas s'étonner que des géologues et des plus compétents, comme Ch. Saint-Claire Deville et Fouqué, aient dénié toute efficacité orogénique aux tremblements de terre.

Il semble en conséquence y avoir incompatibilité entre l'enseignement procuré par la structure des montagnes et l'observation des phénomènes contemporains. Or je crois que cette contradiction n'est qu'apparente.

En effet, il ne faut pas oublier que le centre d'ébranlement séismique, qui n'est d'ailleurs pas un point, mais un espace souvent très large, réside à une grande profondeur. Il en résulte que les ondes mécaniques émises de ce centre éprouvent en s'éloignant de celui-ci un affaiblissement comparable à celui qui concerne les ondes calorifiques qui les accompagnent. Aussi le déplacement relatif des parties précédemment juxtaposées des couches, consécutif à l'ébranlement mécanique, va-t-il en diminuant d'amplitude avec la distance, de façon à devenir nul au delà d'une zone dynamo-méta-

morphique comparativement étroite, exactement comme la transformation minéralogique des roches actionnées par l'échauffement va en s'atténuant à mesure qu'on s'éloigne du foyer, constituant une zone chimico-métamorphique dont la considération est classique.

Dans le cas le plus simple, les ondes mécaniques dirigées vers la surface du sol ont à traverser des formations sédimentaires de moins en moins âgées, de moins en moins cohérentes et, avant d'y parvenir, elles s'épuisent à des compressions internes, à des resserrements de fissures, à d'autres travaux occultes qui absorbent et consomment une partie, puis la totalité de leur pouvoir de déplacement.

A cet égard on peut sortir du domaine de l'imagination pure et invoquer à l'appui des théories le témoignage de certains faits d'expérience. C'est ainsi que les résultats des coups de mines tirés dans des roches diverses sont d'application directe à notre sujet. Le fond du trou de mine se montre comme le centre d'une sorte de sphère de roche concassée, arrachée, refoulée dans des directions radiales; on y voit des rejets, témoignant de compressions proportionnées. Mais déjà à un petit nombre de décimètres et bien que le sol ait pu par l'explosion trembler sur une surface plus ou moins étendue, l'effet s'est annulé par l'élasticité des roches. Il en est certainement de même dans la nature lors des chocs séismiques; le foyer du phénomène est normalement placé trop bas pour que les crevasses dont il détermine l'ouverture autour de lui puissent se prolonger jusqu'à la surface du sol. Rechercher, comme on l'a fait quelquefois, si une faille superficielle a joué à la suite d'un tremblement de terre, c'est exactement comme si, à la suite du même phénomène, on voulait trouver une augmentation des caractères métamorphiques des roches de la surface. Si un séisme se fait sentir dans un pays déjà faillé, on peut être assuré que l'impulsion actuelle part de régions situées au-dessous de celles d'où émanèrent les forces qui ont donné lieu aux géoclases à rejets maintenant superficielles. Les failles visibles sur le sol sont des failles décapées de tout ce qui les recouvrait lors de leur production.

La diminution de volume des masses rocheuses souterraines, soumises au métamorphisme orogénique, explique comment, dans un si grand nombre de tremblements de terre, la surface du sol a plutôt manifesté une tendance à l'affaissement ou à l'effondrement qu'à la surrection. Le poids des sédiments superposés aux géoclases orogéniques doit engendrer, selon le plan de celles-ci, une action dynamique capable de séparer des paquets sédimentaires de leurs racines et de continuer sur eux le mécanisme auquel le D[r] Hans Schardt a si pittoresquement comparé le glissement d'un noyau de cerise convenablement pressé entre le pouce et l'index. Avec des dispo-

sitions souterraines convenables, cette translation en profondeur peut se continuer très loin et très longtemps. On expliquera facilement, de cette manière, le transport des nappes dinariques si éloquemment décrit par M. P. Termier, ainsi que tous les faits analogues.

Tout cela suppose, comme on voit, une réaction entièrement souterraine et même si profonde que les contre-coups, s'ils parviennent à la surface du sol, y sont à l'état de secousses vibratoires, ou seulement de bruits, mais jamais à celui de modifications géographiques sensibles et persistantes. Peut-être trouverait-on des localités mettant sous nos yeux certaines des étapes principales de ces phénomènes grandioses, et cela grâce à l'association au séisme proprement dit, des mouvements verticaux à grande amplitude auxquels Elie de Beaumont a donné le nom de *bossellements généraux*. Le plateau de l'Asie centrale est à citer à cet égard : ce « toit du monde », malgré son altitude exceptionnelle de plus de 6000^{m}, offre au regard, malgré les fortes inégalités de sa surface, des assises sédimentaires relativement peu anciennes et qui n'ont point éprouvé les effets calorifiques et dynamiques (métamorphiques en un mot) des éléments ordinaires des sommets montagneux. A cet égard, le Muséum est particulièrement bien documenté, car il conserve des spécimens recueillis en 1890 par le prince Henri d'Orléans et M. Bonvalot à 5800^{m} au-dessus du niveau de la mer et qui consistent en calcaires fossilifères. Les couches que le D^{r} Paul Fischer penchait à considérer comme liasiques nous donnent l'impression qu'elles représentent l'écorce, non métamorphique quoique fortement soulevée, d'un massif montagneux qui s'est constitué en profondeur à la faveur de séries de séismes. Pour que la chaîne de montagnes ainsi produite apparaisse au jour avec tous les caractères qu'on observe dans l'Himalaya ou dans les Alpes, par exemple, il faut qu'elle soit débarrassée de sa couverture et subisse pour cela un véritable épluchage. Celui-ci résultera de la pluie et des autres agents de l'intempérisme. Grâce aux conditions du régime continental, les masses superficielles seront successivement démantelées, puis supprimées, et le massif orogénique se dégagera comme le produit d'une gestation occulte et de la déhiscence de ses enveloppes protectrices. M. Bonvalot a décrit l'énergie des érosions autour du mont Dupleix.

Les différents observateurs sont d'accord pour voir, dans nos grandes chaînes, des résidus d'érosion pluviaire; on est allé jusqu'à dire que les Alpes ont dû perdre, par ce procédé, autant de matière qu'il leur en reste. C'est au cours de cette perte qu'elles sont devenues peu à peu des montagnes : ces « *ossements* composant le squelette de la Terre », suivant une expression célèbre, et qui se révèlent comme à la suite du décharnement du sol.

GÉOLOGIE. — *Sur la morphologie du littoral gallo-belge.* Note [1] de M. A. **Briquet**, présentée par M. Ch. Barrois.

La ligne de rivage actuelle, dans le nord de la France et la Belgique, s'est développée au cours d'un cycle de remblayement inauguré par un relèvement du niveau de la mer par rapport à celui du continent. Ce cycle a suivi la longue série des cycles d'érosion pleistocènes, engendrés au contraire par des phases successives d'abaissement du même niveau (*Comptes rendus*, 11 juillet 1910).

A l'origine de ce cycle, la mer ennoya, et recouvrit plus ou moins de ses dépôts, les parties les plus basses du relief élaboré au cours des cycles d'érosion pleistocènes; les golfes et les estuaires s'avancèrent le plus loin sur les points où l'action de l'érosion fluviale s'était fait sentir avec le plus d'intensité. (Plaine maritime dans la Flandre, baie de Wissant dans le Boulonnais infracrétacé, partie inférieure des vallées du Boulonnais jurassique et de la haute Plaine picarde).

La mer envahit de même et alluvionna des zones qu'elle avait autrefois, au cours des derniers cycles d'érosion pleistocènes correspondant aux plus basses positions du niveau marin, entaillées dans le relief continental, comme en témoignent les restes d'une falaise ancienne contre laquelle s'étendent ces zones d'alluvions marines récentes (pourtour des Bas-champs d'Ault à Equihen; versant nord du Blanc-nez entre Coquelle et Sangatte, où les dépôts de plage du pied de la falaise ancienne sont visibles dans la falaise actuelle). La falaise ancienne a subi, depuis son origine, l'action de l'érosion fluviale : son profil s'est adouci jusqu'à une forme voisine de la maturité, et qui contraste avec le profil à peine modifié de falaises mortes plus récentes : Hautebut, cap Hornu, Pas d'Authie, Etaples, Wissant.

Le stade auquel est parvenu le développement de la ligne de rivage actuelle est voisin de la maturité, caractérisée par une régularisation presque complète : faible sinuosité des alignements de falaises (Boulonnais, Caux); développement dans les golfes et les estuaires de cordons littoraux, dunes ou galets, en arrière desquels le colmatage est achevé (Plaine maritime, Bas-champs, partie inférieure des vallées du Boulonnais et de la Plaine picarde).

---

[1] Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

Le développement du cycle d'action marine considéré comporte des subdivisions.

De telles subdivisions sont, en effet, marquées sur certains points de la côte par les stades du déplacement de la ligne de rivage, qui occupa des positions intermédiaires entre la position primitive à l'origine de l'ennoyage, et la position actuelle (cordon littoral appuyé, dans les Bas-champs, sur le saillant de l'ancien rivage à hauteur de Saint-Valery-sur-Somme, et formé d'une série de bancs de galets qui s'étendent du Crotoy à Etaples, cordons littoraux du même genre dans la partie ouest de la Plaine maritime, en relation avec les stades de recul de la falaise du Blanc-nez).

C'est également à une subdivision du cycle que correspondit un abaissement momentané du niveau de la mer, prouvé par l'existence, sur les alluvions marines des parties colmatées, d'un sol continental (tourbe, forêts submergées) ensuite recouvert par la mer et par de nouveaux dépôts marins.

La ligne de rivage a acquis le degré actuel de régularisation sous l'influence du courant côtier dirigé de la Manche vers la mer du Nord. La bifurcation de ce courant à la hauteur des estuaires (courant de verhaule) engendre un certain nombre de particularités morphologiques très nettes dans l'estuaire de la Somme : allongement continu d'un poulier (pointe du Hourdel) du côté amont, par rapport au sens du courant côtier, de l'estuaire; formation, du côté aval, là où la ligne de lime et rondaine qui sépare les deux courants touche la côte, d'une pointe (pointe de Saint-Quentin) que l'érosion fait reculer tandis que des épis se disposent en sens opposé de chaque côté; répétition, moins nette, de ces phénomènes à l'intérieur de l'estuaire (cap Hornu).

Les mêmes particularités existaient déjà, sous l'influence de la même cause, aux époques antérieures, correspondant à des positions différentes de la ligne du rivage (poulier constitué par les bancs de galets infléchis vers l'Est dans la direction de Rue).

L'emplacement actuel de la ligne de rivage n'est pas fixé définitivement. La mer attaque certaines parties du rivage, parfois même là où elle alluvionnait naguère (dunes de la plaine maritime à l'est de Westende et à l'ouest de Calais, dunes à l'est de Wissant), alors que la côte engraisse sur d'autres points. Les estuaires montrent des exemples de ces modifications, contrecoup de l'érosion progressive de la pointe aval : formation d'atterrissements sur des points précédemment rongés par les vagues (falaise morte du cap Hornu).

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de brèches éocènes en Grèce et sur leur importance.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans un récent Mémoire adressé à l'Académie (*Comptes rendus* du 13 février 1911), j'ai signalé l'existence de brèches avec fragments de Rudistes à la base des calcaires en plaquettes autochtones, dits *d'Olonos*, dans toute la partie nord-ouest du Péloponèse et spécialement au mont Voïdias. Ces brèches varient d'aspect d'après la nature des massifs, de l'érosion desquels elles proviennent, et contiennent généralement des fragments de calcaire blanc (crétacé), de calcaire gris (avec oolithes, triasiques) et de jaspes. Dans le cas où les fragments de jaspe et de calcaire blanc font défaut, ce qui n'est pas rare, les brèches passent à un calcaire gris bréchoïde d'un grain variable pouvant devenir très fin. Frappé par la ressemblance de ce calcaire bréchoïde avec celui qu'on rencontre dans le flysch éocène de Koumani, au nord du mont Olonos, où l'on observe de nombreuses Nummulites, je fis polir des échantillons des deux roches et je reconnus dans le calcaire bréchoïde du Voïdias des organismes qui se retrouvaient dans les échantillons de Koumani. Ces organismes ont été déterminés par M. le professeur Scouphos comme *Nummulites complanatus*. D'autre part, je retrouvai dans les échantillons de Koumani des fragments de Rudistes. Je pus également retrouver ces mêmes organismes dans toutes les brèches à Rudistes du mont Voïdias et des sommets voisins, tels que Barbas, Pteri à l'Est, et jusqu'à Koumani à l'Ouest, quelle que fût la composition de ces brèches. Je les retrouvai encore dans une brèche subordonnée aux calcaires avec jaspes noirs du mont Chelmos, et enfin dans celles du pointement métamorphique qui se dresse au milieu des couches néogènes au-dessus de Kamari. Ici les brèches sont intercalées dans des grès schisteux et sont surmontées par le calcaire en plaquettes avec jaspes noirs et les calcaires bariolés en plaquettes; au-dessus se développent les jaspes de la nappe. Tout ce massif, d'ailleurs, s'est effondré en marches d'escalier vers le golfe de Corinthe.

Nous sommes donc conduits à faire remonter jusqu'à l'Éocène l'âge des calcaires en plaquettes qui surmontent ces brèches et auxquels nous avions assigné précédemment un âge crétacé. Ainsi se trouve complètement confirmée la présomption de M. Philippson pour l'âge du calcaire qu'il qualifie de *calcaire Olonos*, avec cette seule réserve que souvent apparaît sur l'Éocène le Trias jaspique, grâce aux charriages.

Si du Péloponèse nous passons en face, sur la Grèce continentale, on retrouve les mêmes organismes dans les brèches à Rudistes, que nous avons signalées, M. Ktenas et moi, à l'ouest des monts Vardussa (*Comptes rendus*, 14 mars 1910). Ici cependant apparaît un terme nouveau mésozoïque, en place, le calcaire à *Ellipsactinia* et à *Rudistes*. En particulier, au mont Koutsouros, au sud des monts Vardoussa, ce calcaire se développe transversalement aux monts Vardoussa suivant la direction pyrénéenne O-NO, et est recouvert de la formation des calcaires en plaquettes avec jaspes noirs éocènes, par l'intermédiaire de grès et de schistes, tels qu'en présente la même formation à sa base au mont Voïdias; ces calcaires sont encore ici recouverts par d'autres calcaires bariolés en plaquettes. Cette succession apparaît clairement au-dessus de Vitrinitsa et à Kallithea.

Les mêmes calcaires avec jaspes noirs, bréchoïdes ou lithographiques, se retrouvent plus à l'Ouest, dans toute la région comprise dans le coude du Mornos, avant son embouchure. Sur ces calcaires on trouve des jaspes fragmentés et de nombreuses surfaces de discontinuité, recouvertes de fragments de jaspe, comme celle sur laquelle est établi le village de Klima. Tout cela trahit l'existence d'une nappe de charriage que nous allons retrouver à Naupacte.

Ici au-dessus de la ville et au nord-ouest de celle-ci, sur le mont Rigani, on retrouve un calcaire bréchoïde gris qui plonge à l'Est et dans lequel j'ai pu reconnaître encore des Nummulites, rares il est vrai; la masse paraît formée de débris de roches triasiques. Ce calcaire est recouvert en concordance par le Flysch qui repose à l'Ouest sur le calcaire crétacé-éocène de Glokova; ce dernier contient, à la partie supérieure, *Alveolina* du groupe du *subpyrenaïca* et *Orbitolites complanatus*, d'après la détermination de M. Henri Douvillé. Le calcaire gris bréchoïde de Rigani appartiendrait donc au même horizon lutétien. Plus haut, au sommet de cette montagne, apparaissent les calcaires en plaquettes bariolés; des fragments de jaspe noir disséminés dans les éboulis trahissent encore l'existence de cette formation. Les calcaires en plaquettes plongent en sens contraire du calcaire bréchoïde, c'est-à-dire à l'Ouest. Sur ce soubassement synclinal, déterminé par les deux formations, apparaît la nappe occupant l'axe; elle est elle-même formée de jaspes surmontés de calcaire. Des rognons de jaspe gris, appartenant au calcaire bréchoïde, sont complètement aplatis par les efforts mécaniques qui ont aussi fait disparaître généralement, par écrasement, le flysch schisteux qui recouvrait le calcaire.

L'existence de l'Éocène a été encore signalé plus au Nord et plus à

l'Ouest par les travaux de MM. Hilber, Philippson et Renz, et ainsi nous constatons que la transgression éocène qui a épargné la Grèce orientale, s'est étendue sur presque toute la Grèce centrale et occidentale.

Nous pouvons maintenant suivre les phénomènes qui se sont succédé après la transgression crétacée. A la fin du Santonien, la Grèce émergeait pour la plus grande partie (*Comptes rendus*, 27 février 1911), à la suite des plissements crétacés. Cependant, certaines dépressions restèrent submergées et continuèrent à recevoir des dépôts qui nous apparaissent aujourd'hui comme calcaires crétacés-éocènes, dits de Tripolitsa ou de Pylos. Mais, tandis que sur la Grèce orientale les formations crétacées existent encore, elles furent, au contraire, démantelées à l'Ouest, et leurs débris, repris par la transgression éocène, s'associèrent à des organismes de cette époque et formèrent les brèches à Rudistes et Nummulites. Il faut admettre d'ailleurs que la transgression éocène dut avoir lieu par affaissement brusque de compartiments considérables, à de grandes profondeurs, pour que l'état bréchoïde des fragments se soit conservé. Ainsi, ces brèches se seraient accumulées dans la zone néritique la plus profonde, tandis que les calcaires en plaquettes et les jaspes se déposaient dans la zone bathyale. A la transgression éocène succéda le plissement pyrénéen et la Grèce émergea de nouveau.

A en juger par l'âge du calcaire bréchoïde de Rigani, la transgression éocène daterait du Lutétien : elle se termina avant le Lutétien supérieur, grâce à une émersion que nous avons étudiée ailleurs et qui précéda les grands charriages (*Comptes rendus*, 1er juin 1909).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les confusions entraînées par le pseudo-terme morphologique de « cala »*. Note de M. **Jean Brunhes**, présentée par M. Pierre Termier.

La plupart des Traités de Géographie physique, français, allemands ou anglais, mentionnent parmi les types d'indentations des rivages les *Calas :* ce sont des golfes assez profonds et étroits, compris entre des promontoires accidentés et rapprochés; et la terre classique des *Calas*, ce sont les îles Baléares.

On les regarde comme ayant été produites par la submersion de courtes vallées torrentielles, et l'on en a parfois déduit que tous les rivages des Baléares avaient été le théâtre soit d'un mouvement positif de la mer, soit d'un affaissement des terres.

D'autre part, certains observateurs qui sont allés à Majorque ont cherché vainement à reconnaître les traits distinctifs de ces *calas* et en ont conclu que toutes les baies et anses pittoresques sont dues *uniquement à l'érosion marine*. Parmi ceux-ci,

Léon-W. Collet qui a visité, lors d'une excursion botanique dirigée par R. Chodat, la sierra occidentale de la plus grande des Baléares, montre que l'hypothèse d'un exhaussement du niveau de la mer en cette région est contraire à tous les faits, et il conclut : « Il est fort probable que la théorie de M. Penck trouve confirmation à Minorque; mais à Majorque, le rivage de la sierra, dû à un effondrement, ne possède pas de semblables découpures. Plusieurs auteurs ont, ces dernières années, une tendance à envisager chaque découpure de côtes comme une preuve d'un mouvement positif de la mer; en généralisant ainsi, on est amené à ne tenir aucun compte de la constitution lithologique des côtes et de l'action mécanique de la mer, qui est bien loin d'être nulle. » (*Quelques observations sur la géologie de la sierra de Majorque*, in *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 4e p., t. XXVII, juin 1909, p. 615.)

Ayant récemment visité Majorque et Minorque, je me suis spécialement préoccupé de ce petit problème morphologique des *calas*.

Il est manifeste que sur le pourtour de la magnifique baie de Palma et le long du rivage occidental ou septentrional de l'île de Majorque dominé par la Sierra de l'Ouest, les remarques de Collet sont justes; il est telle partie de la côte découpée et déchiquetée dont les rentrants ne sont pas plus des *calas* au sens morphologique du mot que les anses de telle partie du rivage de notre Esterel.

Mais, en d'autres parties de Majorque même, des golfes allongés sont de toute évidence constitués par les thalwegs d'anciens cours d'eau qui ont été dans leur partie terminale envahis par la mer. Que la cause en soit un mouvement positif ou négatif, nous ne voulons pas en discuter ici; mais il n'est pas possible de douter de la vraie origine des goulets mi-fluviaux (par la forme) et mi-maritimes (par l'état présent) que nous avons pu observer et photographier soit à la Cala Manacor, soit au Puerto Colom, soit à la Cala Santagny, etc.

Au reste le plateau calcaire qui vient se terminer en falaises sur la côte orientale de Majorque se retrouve dans la plus grande partie de Minorque; et là, les phénomènes du même ordre sont pareillement indiscutables. Je citerai par exemple, près de Ciudadela, le port de cette ville et, à côté la Cala Degollador, le pénétrant Puerto de Fornells; je citerai surtout le long port exceptionnel de Mahón : il constitue une baie étroite et allongée qui s'avance de 5^{km} vers l'intérieur, avec une profondeur qui est encore en face de Mahón de 12^{m}.

Autre fait caractéristique, que j'ai également observé dans tous les cas signalés, mais qui est spécialement visible à Mahón : un ou plusieurs thalwegs très nettement façonnés font suite vers l'amont au golfe en question,

et ces thalwegs sont en train de se remblayer; les eaux, barrées par le nouveau niveau de base de la mer, n'ayant plus qu'une très faible pente, sont presque stagnantes.

Tout cela étant, quelles différences y a-t-il entre un goulet comme celui de Mahón et une *ria?* Pour ma part, je n'en vois point. Pourquoi donc créer pour lui et pour ses pareils une catégorie spéciale?

En résumé, il y a aux Baléares un très grand nombre de petites baies à forme très variable qui ne correspondent à aucune définition morphologique et qui portent le nom local de *calas* (*cala* ou même, diminutif de *cala* pour des anses encore plus petites : caló).

Il y a d'autre part des golfes allongés qui correspondent très exactement à la définition convenue des *calas*, qui rentrent par conséquent dans la catégorie précise des *rias*, mais qui dans le pays ne portent même pas toujours le nom de *calas* (Puerto Colom, port de Mahón, port de Ciudadela).

Il est donc superflu et il peut être préjudiciable de maintenir ce terme de *cala* dans la nomenclature morphologique. Nous en proposons l'élimination définitive.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la constance du rapport du krypton à l'argon dans les mélanges gazeux naturels. Hypothèse explicative.* Note de MM. **Ch. Moureu** et **Ad. Lepape**, présentée par M. H. Deslandres. (Extrait.)

1. Le rapport du krypton à l'argon dans l'atmosphère, d'après les dernières déterminations de Sir W. Ramsay (*Revue scientifique*, t. I, 1909, p. 691), est égal, en volumes, à $5,2.10^{-6}$. En possession de cette donnée, nous avons pu, en utilisant notre méthode spectrophotométrique (*Comptes rendus*, 13 mars 1911), mesurer le rapport des deux mêmes gaz dans divers mélanges gazeux naturels : 19 *gaz spontanés* de sources et 1 gaz volcanique. Le Tableau ci-dessous résume nos résultats. Dans une première colonne, nous exprimons le rapport du krypton à l'argon dans les mélanges étudiés en prenant pour unité le même rapport dans l'air; nous indiquons ensuite, dans une deuxième colonne, les valeurs absolues de ce rapport :

Provenance du mélange gazeux.	$\frac{\frac{Kr}{Ar}\text{(sources)}}{\frac{Kr}{Ar}\text{(air)}}$	$\frac{Kr}{Ar}10^6$
Aix-les-Bains (Soufre)	1,2	6,4
Bagnères-de-Bigorre (Salies)	1,1	6,1
Bagnères-de-Luchon, Bordeu n° 1	1,2	6,4

Provenance du mélange gazeux.	$\frac{Kr}{Ar}$ sources. / $\frac{Kr}{Ar}$ air.	$\frac{Kr}{Ar}$ 10^6.
Bagnères-de-Luchon, Ferras enceinte......	1,1	6,1
Id. Pré n° 1...........	1,2	6,4
Id. Saule n° 2..........	1,2	6,4
Bourbon-l'Archambault.................	1,5	7,4
Cauterets, la Raillère....................	1,3	6,9
Id. César.......................	1,2	6,4
La Bourboule (Choussy)..	1,8	9,2
Longwy (Récollets).....................	1,2	6,4
Luxeuil (Grand-Bain)..................	1,4	7,1
Nancy (parc Sainte-Marie)..............	1,5	7,4
Plombières, Vauquelin....................	1,4	7,1
Id. n° 3.......................	1,2	6,4
Saint-Honoré..........................	1,3	6,9
Uriage................................	1,2	6,4
Vichy, Chomel.........................	1,4	7,1
Id. Grande Grille....................	1,5	7,4
Gaz du Vésuve (1)......................	1,1	6,1
Air....................................	1	5,2 (2)

Trois faits principaux ressortent de la comparaison de ces chiffres : 1° les limites entre lesquelles varie le rapport krypton-argon dans les mélanges étudiés par nous sont très étroites ($6,1.10^{-6}$ à $9,2.10^{-6}$); 2° les valeurs du rapport krypton-argon y sont voisines de celle du même rapport dans l'air ($5,2.10^{-6}$); 3° le rapport krypton-argon, dans ces mélanges, se montre toujours un peu supérieur à la valeur qu'il présente dans l'air. Réservant ce dernier point, nous retenons ici un fait général : la constance approximative du rapport krypton-argon dans les mélanges gazeux naturels.

2. *a*. A notre connaissance, on n'a encore rencontré un rapport constant, entre la proportion de deux substances déterminées dans des milieux différents, que dans l'étude des corps radioactifs. Serait-ce que le

(1) M. Armand Gautier, qui a fait récemment une intéressante étude de ce gaz volcanique, a bien voulu le mettre à notre disposition (*Comptes rendus*, 1909, t. 149, p. 84). Nous lui en sommes sincèrement reconnaissants.

(2) On remarquera que notre Tableau ne comprend qu'un petit nombre de valeurs différentes. Cela tient aux conditions dans lesquelles nous appliquions notre méthode de dosage : on observait que le krypton de 15 volumes de gaz *lourds* de sources (argon, krypton, xénon) était, en général, équivalent, à 2 unités près, à 18, 19, 21, ..., 27 volumes d'argon brut de l'air (solution titrée de krypton).

krypton et l'argon sont issus l'un de l'autre, comme le radium l'est de l'uranium? Rien, dans l'état actuel de la Science, n'autorise à le supposer, attendu qu'on n'a jamais constaté le moindre indice de radioactivité chez l'un ou l'autre de ces deux gaz.

b. Un caractère fondamental domine toutes les propriétés de l'argon et de ses congénères (gaz rares) : ces éléments sont chimiquement inertes, en ce sens qu'ils n'ont jamais pu être combinés ni entre eux ni avec aucun autre corps. Une propriété physique de ces mêmes éléments, qui intervient aussi dans le raisonnement suivant, est la faculté qu'ils possèdent de conserver l'état gazeux entre de très larges limites de température et de pression et, par suite, de tendre toujours à se répartir uniformément dans tout l'espace offert à leur expansion.

Reportons-nous par la pensée, dans l'histoire de la genèse du système solaire, jusqu'à la nébuleuse génératrice. Tous les corps, éléments libres ou combinaisons, sont à l'état gazeux, et la masse, grâce à d'inévitables tourbillons et brassages, doit être un mélange homogène dans toutes ses parties.

Au cours de l'évolution de la Terre, seuls les gaz rares, en vertu de leur inertie chimique, sont restés en totalité libres, et ils n'ont pu qu'être des témoins indifférents et respectés de tous les bouleversements qui se sont accomplis et de toutes les métamorphoses dont la matière a été le siège.

Considérons spécialement le krypton et l'argon. Si le rapport qui, au début, existait entre les proportions de ces deux gaz en tous points de la nébuleuse, s'est altéré localement dans la suite des temps, des actions physiques ont seules pu en être la cause : occlusion, diffusion, dissolution, etc.; et, par suite, ce rapport n'a dû subir, dans les divers points de la planète, que de faibles modifications. En d'autres termes, le mélange des deux gaz doit, à ce point de vue, se comporter sensiblement comme un gaz unique.

Cette théorie, comme on le voit, n'emprunte à l'Astronomie et à la Géologie que les conceptions classiques sur l'évolution des mondes ([1]). Ayant son point de départ dans la phase astronomique de la Terre, elle est indépendante de toute hypothèse sur la genèse des eaux thermales.

([1]) On peut remarquer, à ce propos, que la constance du rapport krypton-argon, dans les mélanges gazeux naturels, est peut-être le premier fait d'*ordre quantitatif* qui vérifie l'hypothèse de la nébuleuse. La démonstration sera complète le jour où l'on établira qu'il y a dans le Soleil le même rapport entre le krypton et l'argon que sur la Terre.

c. Plusieurs conséquences découlent immédiatement de cette manière de voir :

1° Tout d'abord la suivante : les cinq gaz inertes, hélium, néon, argon, krypton, xénon, étant présents dans l'atmosphère, doivent tous exister dans les divers mélanges gazeux naturels. Cette déduction est en accord complet avec les résultats de l'étude des gaz de nombreuses sources thermales (Voir, pour l'argon et l'hélium : Ch. Moureu, *Comptes rendus*, 21 mai 1906; pour le néon : Ch. Moureu et R. Biquard, *Comptes rendus*, 16 juillet 1906; pour le krypton et le xénon : Ch. Moureu et Ad. Lepape, *Comptes rendus*, 13 décembre 1909).

2° En second lieu, notre raisonnement relatif au rapport du krypton à l'argon doit naturellement s'appliquer aussi aux autres gaz inertes. Nous possédons déjà quelques données dans ce sens pour le xénon, et nous poursuivons des expériences dans le même ordre d'idées sur le néon.

Quant à l'hélium, si, en se reportant aux dosages de MM. Ch. Moureu et R. Biquard (*Comptes rendus*, 19 novembre 1906), on n'aperçoit aucune proportionnalité de ce gaz avec l'argon (et, partant, avec le krypton), la raison en est facile à concevoir. Partout, dans l'écorce terrestre, de l'hélium se produit continûment aux dépens des corps radioactifs, et ceux-ci sont très inégalement répartis dans les différents terrains. On ne saurait donc trouver que très capricieux et irréguliers les rapports des proportions d'hélium avec celles des autres gaz dans les mélanges.

3° On rencontre dans toutes les sources, comme il existe dans l'atmosphère, un gaz *relativement* inerte : l'azote. Si notre hypothèse est fondée, il faut s'attendre à trouver pour le moins une certaine uniformité dans les rapports entre l'azote et l'argon (comme aussi entre l'azote et le krypton) dans les mélanges gazeux naturels. Cette prévision est vérifiée par l'expérience d'une manière très satisfaisante.

A 4 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 27 mars 1911.

Sur la construction des Cartes géographiques, par M. Gaston Darboux. (Extr. du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXXV, janvier 1911, p. 1-5.) Paris, Gauthier-Villars, 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Sur un problème posé par Lagrange, par M. Gaston Darboux. (Extr. du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXXV, janvier 1911, p. 6-8.) (Hommage de l'auteur.)

Traité d'Énergétique ou de Thermodynamique générale, par Pierre Duhem, Correspondant de l'Institut de France; Tome I : *Conservation de l'énergie. Mécanique rationnelle. Statique générale. Déplacement de l'équilibre.* Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Le mouvement : Mesures de l'étendue et mesures du temps, par J. Andrade. Paris, Félix Alcan, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Observatoire national astronomique et météorologique de Besançon : XIIe Bulletin chronométrique, année 1909-1910, publié par M. A. Lebeuf, Directeur de l'Observatoire. Besançon, J. Millot et Cie; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

Laboratoires scientifiques « A. Mosso » sur le mont Rose, au col d'Olen (*alt.* 3000m) *et à la Cabane de la Reine-Marguerite* (*alt.* 4560m), par A. Aggazzotti. Turin, impr. Vincenzo Bona, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Laboratori scientifici Angelo Mosso sul monte Roso, per L. Pagliani et A. Aggazzotti. (Extr. de la *Rivista di Ingegneria sanitaria e di Edilizia moderna.*) Turin, 1911; 1 fasc. in-4°.

Mission d'Ollone : 1906-1909. *Les derniers barbares : Chine, Tibet, Mongolie*, par le commandant d'Ollone; 4e édit. Paris, Pierre Lafitte. (Présenté par M. Grandidier.)

Revue de Glaciologie, n° 3 (avril 1903-1er janvier 1907), par Charles Rabot. (*Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles;* série : *Géologie et Géographie*, t. V.) Fribourg (Suisse), impr. Fragnière frères, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Rééducation de la respiration et de l'attitude droite chez un asthmatique, par Pierre Gagey. (Extr. de *Paris médical.*) Paris, J.-B. Baillière et fils, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Thermika, sepsal Čeněk Strouhal. Prague, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Die heiztechnischen Einrichtungen der Käserei (*Les appareils de chauffage de la fromagerie*), von GUSTAV-ADOLF WITT, mit 637 Abbildungen. Berne, K.-J. Wyss, 1911; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

M. C. GORINI, Directeur du Laboratoire de Bactériologie de l'École royale supérieure d'Agriculture de Milan, adresse une série d'Opuscules relatifs à ses derniers travaux; 50 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 13 mars 1911.)

Note de *Maurice Joly*, Sur des transformateurs statiques de fréquence :

Page 700, ligne 5 en remontant, *au lieu de* $N_1 I_1 + \ldots$, *lire* $-N_1 I_1 + \ldots$.

Même page, ligne 4 en remontant, *au lieu de* Ces deux formules, convenablement discutées, permettent ..., *lire* Ces deux formules, convenablement discutées, en tenant compte des expressions de φ et de φ', permettent ....

Page 702, ligne 2, *au lieu de* 2500 volts, *lire* 250 volts.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AVRIL 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. Foerster, Président; Blaserna, Secrétaire; Egorov, R. Gautier, Sir David Gill, Hepitès, von Lang, Stratton, Membres du *Comité international des Poids et Mesures*, présents à la séance.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la parthénogenèse expérimentale chez les Amphibiens*. Note de M. F. **Henneguy**.

J'ai répété récemment l'expérience si intéressante réalisée l'année dernière par M. Bataillon [1], relative au développement parthénogénétique des œufs de Grenouille à la suite d'une simple piqûre. Mon but était de me procurer des matériaux pour des recherches cytologiques et pour déterminer le nombre des chromosomes chez les larves parthénogénétiques aux divers stades de leur évolution, MM. Bataillon et Dehorne [2] étant arrivés à des

[1] E. Bataillon, *L'embryogenèse complète provoquée chez les Amphibiens par piqûre de l'œuf vierge : larves parthénogénétiques de* Rana fusca (*Comptes rendus*, 13 avril 1910); *Le problème de la fécondation circonscrit par l'imprégnation sans amphimixie et la parthénogenèse traumatique* (*Arch. de Zool. expérimentale et générale*, 5e série, t. VI, 20 novembre 1910).

[2] Dehorne, *Le nombre des chromosomes chez les Batraciens et les larves parthénogénétiques de Grenouille* (*Comptes rendus*, 30 mai 1910).

résultats différents. Ces recherches ne sont pas terminées et je me bornerai à signaler, dans cette Note préliminaire, quelques faits que j'ai observés dans le cours de mon expérience.

Le 13 mars 1911, des œufs utérins d'une *Rana fusca*, désaccouplée et ouverte en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter toute contamination par des spermatozoïdes (stérilisation des téguments de la Grenouille, des instruments et de l'eau servant à recouvrir ultérieurement les œufs), ont été divisés en trois lots. Les deux premiers lots comprenaient les œufs pris immédiatement après l'ouverture des utérus et non souillés par le liquide cavitaire du corps; le troisième lot renfermait des œufs à la surface desquels s'était épanchée une certaine quantité de sang. Les œufs du premier et du troisième lot ont été piqués avec un fin stylet de verre, selon la méthode indiquée par M. Bataillon; ceux du deuxième lot ont été fécondés avec le liquide provenant d'une dissociation de testicules.

Comme MM. Bataillon et Dehorne, j'ai constaté qu'un assez grand nombre d'œufs vierges piqués se segmentaient en même temps que les œufs fécondés. Le développement de plusieurs de ces œufs piqués s'est arrêté à des stades très différents, stades de morula, de gastrula, d'embryon avec bourrelets médullaires, de jeunes larves mortes avant de pouvoir sortir de l'enveloppe d'albumine. D'autres sont arrivés à donner des têtards libres, mais dont les uns étaient mal conformés et sont morts quelques jours après, d'autres enfin ont donné des têtards normaux tout au moins en apparence. Je ne puis donner un pourcentage des œufs sur lesquels la piqûre a provoqué le développement complet, car j'ai fixé un certain nombre d'œufs à divers stades; je l'estime à environ 4 pour 100.

M. Bataillon a pu conserver trois têtards jusqu'à la métamorphose, et il a constaté que rien ne permettait de distinguer les larves parthénogénétiques des formes issues d'une fécondation; elles lui ont paru cependant plus délicates au moment de la métamorphose. J'ai noté, au contraire, une assez grande différence entre les deux sortes de têtards.

L'éclosion des larves parthénogénétiques a été de 24 à 36 heures en retard sur celle des larves normales. Les deux tiers des premières étaient mal conformées : chez les unes, la queue était atrophiée et remplacée par une masse bourgeonnante irrégulière; d'autres présentaient une hypertrophie de la région abdominale, transformée chez quelques-unes en une vésicule claire, remplie de liquide; ces larves sont mortes du 26 au 27 mars. Quatre têtards seulement paraissaient normaux, mais ne mesuraient, le 27 mars, que 10^{mm} à 11^{mm}, alors que les têtards provenant d'œufs fécondés, placés exactement

dans les mêmes conditions de température et de nourriture, mesuraient de 14^mm à 15^mm. De ces quatre têtards, l'un est devenu hydropique et je l'ai fixé un peu avant sa mort; un autre a cessé de s'accroître et est mort le 31 mars; il n'en reste aujourd'hui que deux bien vivants, mais dont la taille n'est à peu près que les deux tiers de celle des têtards témoins.

Il se peut que la température un peu élevée (18° C. environ), à laquelle les œufs ont été soumis pendant leur développement, ait exercé sur eux une influence nuisible et permette d'expliquer les malformations et la mortalité de mes larves parthénogénétiques, celles de M. Bataillon s'étant développées à une température plus basse (15° environ). Mais les œufs témoins ayant été placés dans des conditions identiques et ayant donné des têtards ne présentant aucune anomalie, on doit admettre que c'est à l'absence de l'élément mâle qu'il faut attribuer l'état de déchéance des larves parthénogénétiques, se traduisant par la lenteur du développement embryonnaire, la croissance plus lente après l'éclosion et une plus grande susceptibilité vis-à-vis des agents extérieurs. Le traumatisme produit par la piqûre, lorsqu'il ne détermine pas la formation d'extraosats trop volumineux, ne paraît pas avoir d'action perturbatrice sur le développement. J'ai piqué, en effet, avec les mêmes stylets qui m'avaient servi pour les œufs vierges, des blastomères d'œufs fécondés, aux stades II et IV; les œufs se sont développés normalement, et les têtards qui en provenaient ne présentèrent pas de malformations ni les hydropisies caractéristiques des larves parthénogénétiques.

Dans une Note récente, M. Bataillon [1] annonce qu'il est arrivé à améliorer le pourcentage des développements dans la parthénogenèse expérimentale chez les Amphibiens, en badigeonnant les œufs avec de la lymphe ou du sang d'Amphibien ou de Poisson. Je n'ai pas fait d'expériences spéciales à cet égard, mais il s'est trouvé fortuitement que l'un des lots d'œufs vierges, ainsi que je l'ai dit plus haut, avait été, au sortir de l'utérus et avant la piqûre, souillé de sang; je n'ai pas observé un plus grand nombre de développements dans ce lot que dans l'autre, et le seul têtard bien conformé qu'il ait donné est celui qui est mort hydropique. Il est probable que les conditions expérimentales dans lesquelles nous nous sommes placés, M. Bataillon et moi, ne sont pas exactement identiques.

---

[1] E. Bataillon, *Les deux facteurs de la parthénogenèse traumatique chez les Amphibiens* (*Comptes rendus*, 27 mars 1911).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la douzième campagne de la* Princesse-Alice II. Note de S. A. S. **Albert Ier, Prince de Monaco.**

La campagne de 1910 est la dernière que j'aurai accomplie avec la *Princesse-Alice II*, maintenant trop fatiguée pour répondre aux exigences des entreprises de plus en plus puissantes que le progrès de la science océanographique m'impose. Un autre navire, muni des avantages fournis par la mécanique et la navigation modernes, est en construction. Il sera nommé *Hirondelle II*.

Les travaux du laboratoire pendant la campagne de 1910 ont été poursuivis par les Drs Jules Richard, Liouville et Louët. Les opérations océanographiques ont été dirigées par le lieutenant de vaisseau Bourée. M. Louis Tinayre, artiste peintre, exécutait les œuvres nécessaires aux études zoologiques. Voici les principaux résultats :

Océanographie pure. — Dans l'Atlantique Nord : 29 sondages jusqu'à la profondeur de 5108m, dont 26 avec le tube sondeur Buchanan et 3 avec le sondeur Léger. Dans la Méditerranée, 3 sondages jusqu'à la profondeur de 2690m et avec le sondeur Buchanan.

21 prises d'échantillons du fond, dont 18 avec le sondeur Buchanan.

Océanographie biologique. Chalut à étriers. — Dans l'Atlantique Nord : 8 lancements jusqu'à la profondeur de 5000m et qui ont fourni, en plus de nombreux organismes plus ou moins précieux, les formes spécialement remarquables ci-après désignées :

Nombreuses Holothuries violettes du genre Psychropotes entre 2320m et 4870m et d'autres telles que *Paroriza Prouhei* Hér., *Scotoanassa*, *Oneirophanta*, 200 spécimens d'une petite Elpidiidé. Un Crustacé d'un blanc mat (*Munidopsis*), ainsi qu'une Annélide rare, *Tachytripane Jeffreysi* M' Intosh, par 3910m. Une Annélide polychète du groupe des Clyméniens, dans laquelle M. Faurel a reconnu la *Maldanella Haraï* du Japon, décrite par Izuka et retrouvée depuis dans le Pacifique; et deux Amphipodes nouveaux, par 4380m.

Un Céphalopode bathypélagique : *Cirroteuthis umbellata* Fischer, et un Poisson larvaire aveugle, transparent, presque incolore, par 5000m ou peut-être à la remontée.

Nasse. — Dans l'Atlantique Nord : une nasse triédrique a été immergée à 1401m pendant 11 heures. Elle a rapporté 215 Crevettes (*Heterocarpus*

Grimaldii), des Poissons (*Synaphobranchus pinnatus*) et de nombreux Crustacés isopodes dont l'un appartient au groupe des Dajidés qui sont des formes parasites des Crustacés, provenant sans doute de l'un des *Heterocarpus*. Il appartient à un genre nouveau selon M. le professeur Kœhler.

Palancre (*hameçons*). — Dans l'Atlantique Nord : 7 descentes jusqu'à 1680^m donnèrent 22 Squales de profondeur : *Centroscymnus cœlolepis*, *Centrophorus calceus*, *Centrophorus squamosus*, *Spinax pusillus*, ce dernier hébergeant un parasite externe (Copépode). Trois de ces opérations ont été faites en laissant quelque temps reposer sur le fond un palancre de cent hameçons fixé à l'olive du filet vertical.

Filet bathypélagique Bourée. — Cet appareil, établi pendant la campagne par M. Bourée afin d'être traîné avec beaucoup de vitesse dans les profondeurs intermédiaires pour y capturer des animaux grands nageurs que je supposais y exister et qui échappent au filet vertical Richard, a fourni des résultats d'une grande importance. Il présente le même aspect général que ce dernier, mais avec une maille large de $0^m,015$ et avec un sac terminal en tissu serré muni de « chicanes » qui remplace le bocal du filet Richard. Je l'ai fait fonctionner 12 fois, obtenant des résultats d'une grande importance au point de vue des informations nouvelles sur la faune bathypélagique, depuis la surface jusqu'à 5100^m.

Pour que ce genre d'opération permette de localiser approximativement la provenance des espèces capturées en visitant ainsi une succession de niveaux très différents, on commence par descendre le filet verticalement jusqu'à la profondeur qu'on veut explorer; ensuite, quand le traînage l'a fait remonter de quelques centaines de mètres vers la surface, on le laisse retomber en suspendant ce traînage pendant un quart d'heure. Après la répétition de cette manœuvre un certain nombre de fois, on a obtenu une exploration voulue entre un niveau maximum et un niveau minimum, dont l'étendue dépasse beaucoup celle de l'exploration involontaire exécutée par le filet pendant sa descente et sa remontée. Il y a dès lors une probabilité pour que la plus grande partie des matériaux recueillis proviennent des niveaux visés. Cette probabilité se confirme d'autre part avec la statistique des espèces qu'on n'obtient jamais quand le filet n'est pas descendu au moins jusqu'à un certain niveau.

Dans l'Atlantique Nord et la Méditerranée, les Crustacés, revenus avec cet appareil en plus grand nombre que les autres groupes, sont représentés surtout par les Décapodes macroures qui semblent vivre en essaims considérables dans les couches profondes où ils constituent sans doute la nourriture

de Poissons et de Céphalopodes bathypélagiques. 200 exemplaires de *Systellaspis debilis* obtenus avec le filet Bourée pendant la seule campagne de 1910, tandis que toutes les campagnes antérieures réunies en avaient procuré seulement 20, montrent l'excellence de ce précieux appareil. Deux espèces nouvelles du même groupe, *Pasapasiphæa Grimaldii* et *Systellaspis echinurus*, établies par M. Coutière appuient ce jugement.

De très nombreux Schizopodes sont également arrivés dans ce filet, notamment *Thysanopoda* dont on connaissait seulement deux spécimens : *T. Orientalis* et *Eucopia major*, inconnus jusqu'alors dans l'Atlantique. La capture de ces animaux a pu s'effectuer entre la surface et 4900^m. Deux Copépodes, sans doute nouveaux, dont un *Peroderma*, parasite d'un Scopélidé, et un *Lernœenicus*, parasite d'un Macropharynx, pris entre la surface et 4740^m. Des Amphipodes, dont un énorme *Cyphocaris Richardi* qui mesure 40^{mm} de longueur, et un *Parandiana Bœcki* de 44^{mm}, soit le double du plus grand exemplaire connu ; le tout également jusqu'à 4900^m.

Les Poissons recueillis ainsi entre deux eaux, et grâce à la vitesse du traînage, présentent une collection très riche dans laquelle M. Zugmayer a trouvé 8 genres et 12 espèces nouveaux. Beaucoup d'autres n'étaient connus que par de très rares exemplaires.

Parmi les observations intéressantes qui caractérisent cette récolte, il faut signaler les suivantes : 11 exemplaires de *Gastrostomus Bairdi*, voisin d'Eurypharynx, ont été obtenus entre 0^m et 4740^m ; l'un d'entre eux portait un Copépode, parasite probablement nouveau, appartenant au genre *Lernœenicus*. Plusieurs de ces Poissons atteignent la longueur de 0^m,50. L'un d'entre eux sera, malgré leur extrême rareté, consacré aux recherches anatomiques et à l'étude de l'organe qui termine la queue et qui paraît être un organe lumineux dont l'animal se servirait en le portant devant sa grande gueule pour attirer des proies.

On a capturé deux exemplaires d'une espèce nouvelle appartenant au genre *Opisthoproctus Grimaldii* connu seulement par deux autres. Ils sont caractérisés par leur sole ventrale et la direction verticale de leurs yeux. Un grand nombre de spécimens du genre *Stomias*, de toutes les tailles, et présentant entre autres formes nouvelles : *Trichastomias Vaillanti*, *Nematostomias gladiator*, *Leucochlamys cryptophtalmus*, *Anotopterus pharao*, *Bathytroctes Grimaldii*, *Gonostoma polyphos* aux organes lumineux de couleurs variées. Plusieurs exemplaires de *Gonostoma elongatum* dont l'un muni d'organes lumineux très frais, brillants, également de couleurs variées. Beaucoup d'*Argyropelecus*, de *Sternoptyx*, de *Chauliodus*, de Scopélidés.

Le *Cyema Atrum* en forme de flèche noire, empennée, si rare jusqu'ici, est arrivé au nombre de quatre spécimens dans une seule opération pratiquée de 0^m à 3660^m. Le *Caulolepis longidens* Gill., à l'énorme gueule armée de longues dents, est obtenu entre 0^m et 4900^m. D'autres Poissons plus ou moins rares allongeraient encore la liste considérable des captures précieuses opérées avec le système inauguré en 1910.

Des Méduses de grande profondeur figurent dans des opérations poussées jusqu'à 5100^m.

Parmi les Mollusques, des Céphalopodes ont été fournis par des opérations étendues jusqu'à 5100^m.

A la surface et avec des moyens divers, on a recueilli ou capturé un débris de Céphalopode (*Allopausus mollis*) pesant 37^{kg}, formé par la couronne tentaculaire d'un de ces animaux et qu'un Cétacé avait abandonné; un très beau Calmar, attiré par la lumière d'un fanal électrique avec lequel on éclairait la rentrée d'un palancre pendant la nuit; dans la Méditerranée, deux Cétacés (*Globicephalus melas*), dont l'un, de $4^m,10$, portait comme parasites de la peau des Cyames et des *Xenobalanus*.

Plankton. — 35 fois dans l'Océan ou dans la Méditerranée, le filet étroit pour la récolte du Plankton en vitesse a recueilli les échantillons désirés.

Sur la demande du D^r Pettit, de l'Institut Pasteur, le D^r Richard a fait des frottis de sang du cœur de divers animaux pour permettre la recherche de parasites du sang. L'examen a donné un résultat négatif; il s'agissait des espèces suivantes : Mérou (*Polyprion cernium*), Squales (*Centroscymnus cœlolepis*), Cétacés (*Globicephalus melas*).

Pour la collection du Musée océanographique, on a préparé à froid des huiles de divers animaux, en particulier avec le foie de plusieurs espèces de Squales des grandes profondeurs : *Centrophorus squamosus*, *C. calceus*, *Centroscymnus cœlolepis*.

La photographie des couleurs a pu être utilement appliquée pour la première fois à la reproduction des animaux de la profondeur, en employant les plaques Lumière. M. Bourée trouvait, en cette circonstance, un procédé excellent, grâce auquel des clichés instantanés fournissaient des images parfaites.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. *H. Lorentz*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. J.-J. Thomson obtient. . . . . 47 suffrages
M. Rubens » . . . . 1 suffrage

M. **J.-J. Thomson**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

PLIS CACHETÉS.

M. **Léon Creux** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 juillet 1910 et inscrit sous le n° 7660.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Sur quelques propriétés de la développante de cercle conduisant à la construction d'un moteur rotatif.*

(Renvoi à l'examen de MM. H. Léauté et Lecornu.)

CORRESPONDANCE.

M. **David Hilbert**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie; M. **J. Pavlov**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adressent des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

P. Klein, *Météorologie agricole et prévision du temps.* (Présenté par M. A. Müntz.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le multiplicateur de Jacobi.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. P. Appell.

1. Considérons un système *canonique* ou une *transformation infinitésimale de contact spéciale*

$$(\mathrm{H}f) = 0; \tag{1}$$

les variables seront désignées par $x_1, \ldots, x_n$; $p_1, \ldots, p_n$.

On sait que si φ et ψ sont deux invariants de (1),

$$(\varphi\psi)$$

sera aussi un invariant de (1) : c'est le théorème de Poisson.

Nous avons déjà étendu ce théorème aux équations canoniques généralisées, et montré les rapports qui existent entre ce théorème et la théorie des paramètres différentiels de Lie (¹). Dans cette Note, je me propose d'indiquer une autre extension de ce théorème.

Pour que $\sum_1^n {}_i(A_i\delta x_i + B_i\delta p_i)$ soit un invariant intégral de (1), il faut et il suffit que

$$\sum_1^n {}_i\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}B_i - \frac{\partial f}{\partial p_i}A_i\right) = 0 \tag{1'}$$

forme avec (1) un système complet *jacobien*. Il en résulte que

$$\sum_1^n {}_i\left(\frac{\partial A_i}{\partial p_i} - \frac{\partial B_i}{\partial x_i}\right)$$

est un invariant de (1), et que si φ est un invariant de (1),

$$\sum_1^n {}_i\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}B_i - \frac{\partial \varphi}{\partial p_i}A_i\right)$$

est aussi un invariant (²) de (1).

2. Considérons maintenant la *transformation infinitésimale de contact générale*

$$[Hf] - H\frac{\partial f}{\partial z} = 0; \tag{2}$$

les variables seront désignées par $x_1, \ldots, x_n;\ p_1, \ldots, p_n z$, et le crochet de Mayer renferme $\frac{\partial H}{\partial p_i}\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} + \frac{\partial f}{\partial z}p_i\right)$ précédé du signe *plus* (+).

(¹) Th. DE DONDER, *Comptes rendus*, 8 mars 1909 et 1er août 1910.

(²) A comparer avec les nos 11 et 35 de mon *Étude sur les invariants intégraux* (*Rendiconti, Circolo mat. Palermo*, t. XV, 1901) et avec la fin du Mémoire de M. H. Vergne (*Annales École Normale supérieure*, Paris, 1910). Le cas où l'invariant intégral, que nous venons de considérer, est une forme de Pfaff de la $2n^{\text{ième}}$ classe, est particulièrement intéressant.

Si M est un multiplicateur de Jacobi du système (2), la transformation infinitésimale

$$(2') \qquad \left[M^{-\frac{1}{n+1}} f\right] - M^{-\frac{1}{n+1}} \frac{\partial f}{\partial z} = 0$$

formera avec (2) un système complet *jacobien*. Il en résulte que si φ est un invariant de (2),

$$\left[M^{-\frac{1}{n+1}} \varphi\right] - M^{-\frac{1}{n+1}} \frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

sera un invariant de (2). Le système (2′) nous fournit en outre une solution aux variations (au sens de M. H. Poincaré) du système (2).

Si φ et ψ sont deux invariants de (2), $[\varphi\psi]^{n+1}$ sera un multiplicateur de Jacobi de (2); en substituant dans l'invariant précédent, on obtiendra encore un invariant de (2) :

$$\left[[\varphi\psi]^{-1} \varphi\right] - [\varphi\psi]^{-1} \frac{\partial \varphi}{\partial z}.$$

Cette dernière expression nous fournit un *paramètre différentiel* pour toute transformation de contact générale.

3. Considérons enfin la transformation infinitésimale définissant *les courbes caractéristiques*

$$(3) \qquad [Hf] = 0.$$

Si M est un multiplicateur de (3), la transformation (3) admettra la transformation

$$(3') \qquad \left[M^{-\frac{1}{n}} f\right] - M^{-\frac{1}{n}} \frac{\partial f}{\partial z} = 0;$$

si nous représentons par Af et Bf les transformateurs (3) et (3′), nous aurons

$$ABf - BAf = -\frac{\partial M^{-\frac{1}{n}}}{\partial z} Af;$$

(3′) formera avec (3) un système *complet*. Il en résulte que si φ est un invariant de (3),

$$(3'') \qquad \left[M^{-\frac{1}{n}} \varphi\right] - M^{-\frac{1}{n}} \frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

sera un invariant de (3).

Si φ et ψ sont deux invariants de (3), $[\varphi\psi]^n$ est un multiplicateur de (3).

En substituant ce multiplicateur dans (3″), nous retrouvons le *même* paramètre différentiel que celui obtenu au numéro précédent.

4. Dans une Note récente ([1]), M. Russyan a obtenu l'invariant (3″) et le multiplicateur $[\varphi\psi]^n$, en étudiant l'intégration d'un système en involution : les équations qui servent à définir son « multiplicateur de Pfaff » sont identiques à celles que j'avais obtenues ([2]) en appliquant le « multiplicateur généralisé » à l'intégration d'un système en involution; remarquons que, dans cette application, le multiplicateur généralisé se *réduit* à une fonction du multiplicateur de Jacobi.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure directe de l'affaiblissement et de la caractéristique des lignes téléphoniques.* Note de M. DEVAUX-CHARBONNEL, présentée par M. H. Poincaré.

Les propriétés des lignes téléphoniques se déduisent de deux paramètres: l'un, le coefficient d'affaiblissement, est un nombre qui détermine la loi exponentielle suivant laquelle le courant s'affaiblit en se propageant sur la ligne; l'autre, la caractéristique, est une impédance imaginaire qui régit les phénomènes de réflexion qui se produisent à la jonction de deux lignes différentes ou au point de raccord des appareils.

Ces deux paramètres sont donnés par les expressions bien connues

$$a = \sqrt{(\rho + i\omega\lambda)(\sigma + i\omega\gamma)}, \qquad Z = \sqrt{\frac{\rho + i\omega\lambda}{\sigma + i\omega\gamma}}$$

en fonction des constantes de la ligne envisagée.

En général, ils se déterminent par le calcul. Il est pourtant facile de les mesurer directement.

([1]) C. RUSSYAN, *Comptes rendus*, 23 janvier 1911. — On devra, dans cette Note, remplacer

$$[f F_t] - f\frac{\partial F_t}{\partial z} \quad \text{par} \quad \left[\frac{1}{f}F_t\right] - \frac{1}{f}\frac{\partial F_t}{\partial z}.$$

On modifiera dans le même sens l'intéressante généralisation de la méthode d'intégration basée sur la théorie des groupes de fonctions de Lie.

([2]) TH. DE DONDER, *Sur le multiplicateur généralisé* (*Bull. Ac. royale de Belgique : Cl. des Sciences*, 1910).

En effet, la théorie indique que les phénomènes de propagation sont excessivement simples, quand une ligne est fermée sur une impédance égale à sa caractéristique. En particulier, le rapport m, des courants de départ et d'arrivée, est pour une ligne de longueur l

$$m = e^{al}$$

et l'impédance au départ Z_0 est égale à la caractéristique Z.

S'appuyant sur cette remarque, pour mesurer la caractéristique, on placera à l'extrémité de la ligne une impédance de valeur approchée. On mesurera, au pont à téléphone, l'impédance au départ. Cette valeur, déjà plus exacte que la première, sera placée à l'extrémité de la ligne, et la mesure répétée dans ces nouvelles conditions. Au bout de deux ou trois tâtonnements on trouvera, au départ, la même impédance que celle qui est à l'arrivée; ce sera la caractéristique.

Pour avoir l'affaiblissement, il suffira de mesurer au Duddell, dans les mêmes conditions, et en tenant compte naturellement de la résistance de l'appareil, le rapport des courants de départ et d'arrivée.

Le procédé est commode et est susceptible d'une grande précision, ce qui n'est pas le cas des calculs qu'on fait d'ordinaire, et dans lesquels interviennent des lignes trigonométriques dont la valeur change énormément pour de faibles variations des données expérimentales.

On pourrait même dire qu'il est plus exact et plus rigoureux, car le calcul suppose l'homogénéité parfaite des lignes; ceci n'a jamais lieu dans la pratique, où l'isolement tout particulièrement varie d'une manière mal connue pour les différents points.

La mesure directe permet, au contraire, d'opérer sur la ligne elle-même dans les conditions où elle est exploitée.

Quand il s'agit de lignes non homogènes, comme les lignes pupinisées (lignes chargées par des bobines de self-induction), les formules des lignes homogènes ne sont pas rigoureusement applicables. L'emploi de la méthode indiquée permet toujours de déterminer directement les deux constantes qui jouent dans la propagation le rôle principal, et, par conséquent, d'estimer à quelle approximation ces lignes peuvent être traitées comme des lignes homogènes.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude cinématographique de l'écartement des particules ultramicroscopiques produit par des chocs sonores très rapides.* Note (¹) de MM. **Victor Henri** et **Samuel Lifchitz**, présentée par M. A. Dastre.

Dans une Communication précédente (*Comptes rendus*, 20 mars 1911, p. 761), l'un de nous a signalé un phénomène nouveau consistant dans l'écartement de particules ultramicroscopiques de fumée qui se produit sous l'influence de chocs sonores extrêmement rapides.

Nous avons étudié en détail quelques-unes des conditions de production de ce phénomène. Étant donné que les mouvements des particules sont très rapides, l'œil ne peut pas les percevoir d'une façon suffisamment nette; aussi avons-nous eu recours à l'enregistrement cinématographique. Avec l'aide de M. Bull, nous avons pu obtenir des images très nettes des particules de fumée en disposant un cinématographe au-dessus de l'ultramicroscope. Ce dispositif a été gracieusement mis à notre disposition par l'Institut Marey.

Résultats. — 1° *Le phénomène de l'écartement des particules ultramicroscopiques est dû à des ébranlements se propageant dans l'air, c'est une action mécanique.* En effet, si l'on interpose un écran quelconque (lamelle de verre, lame mince de quartz, feuille de papier, etc.) entre l'éclateur et la cuvette contenant la fumée, le phénomène ne se produit plus;

2° *Ce phénomène est indépendant de la charge électrique des particules;* en effet, il a lieu aussi bien pour les particules de fumée de tabac qui sont chargées (en général négativement) que pour des particules de chlorhydrate d'ammonium qui sont électriquement neutres;

3° *Sous l'influence des chocs aériens très rapides, des particules ultramicroscopiques distantes entre elles de* 20^{μ} *à* 30^{μ} *se déplacent souvent dans des directions opposées; ces déplacements sont plus rapides et plus grands que ceux dus aux mouvements browniens.*

Ce résultat a été obtenu par l'étude des images cinématographiques; on faisait 10 images par seconde, la durée de pose de chacune était égale à $\frac{1}{20}$ de seconde.

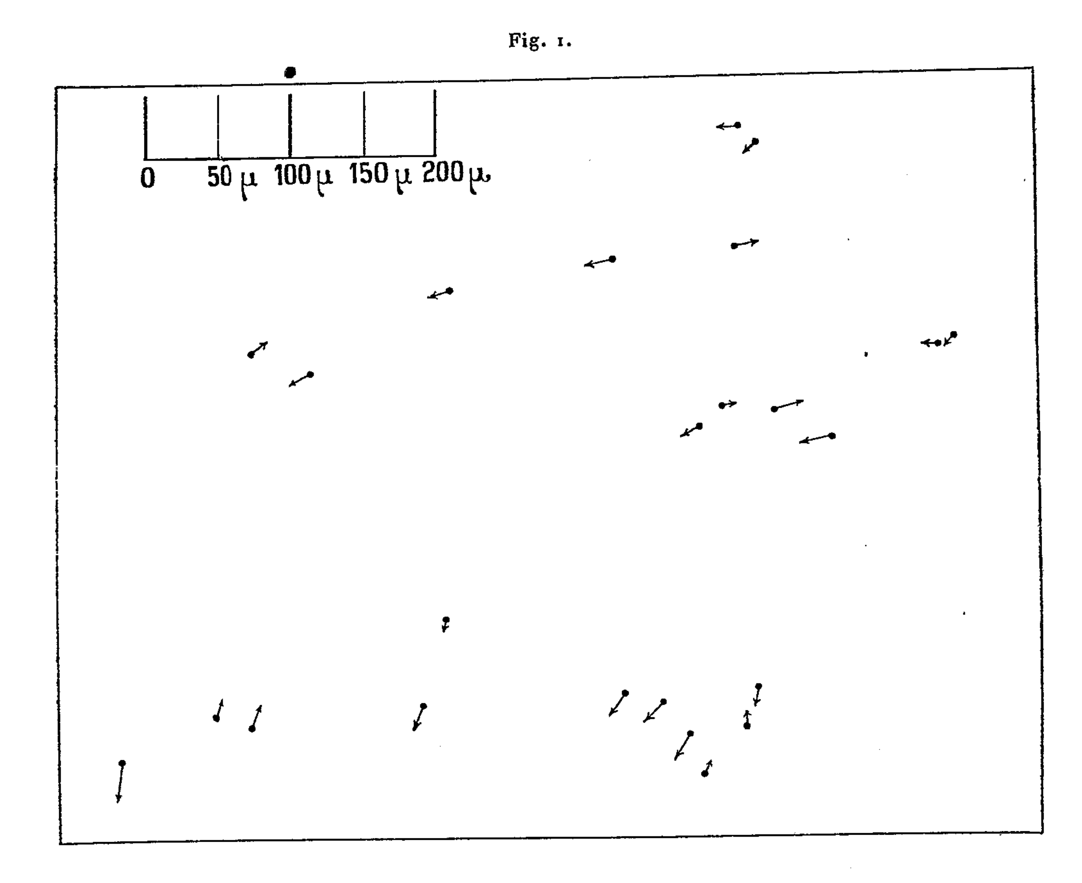
Sur ces photographies, les particules de fumée apparaissent comme des points ronds absolument nets; par conséquent, le mouvement brownien n'est pas assez intense

(¹) Présentée dans la séance du 27 mars 1911.

pour déplacer sensiblement les particules pendant la durée de pose, c'est-à-dire pendant $\frac{1}{20}$ de seconde.

Nous avons pu produire l'étincelle oscillante au milieu d'une pose de $\frac{1}{20}$ de seconde; sur la photographie qui correspond à cette pose, les particules de fumée apparaissent comme de petites lignes, on voit très nettement le point de départ et la trajectoire suivie par chaque particule. Nous reproduisons, sur la figure 1, un agrandissement de

Fig. 1.



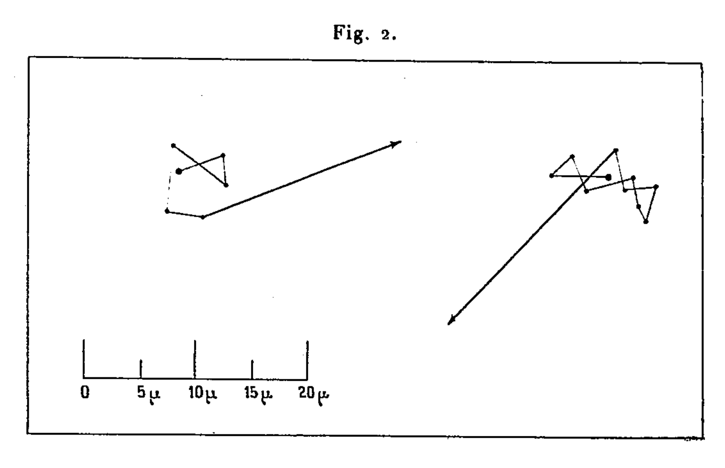
cette image cinématographique avec l'échelle donnant le $\frac{1}{20}$ de millimètre. On voit que les trajectoires des particules sont souvent dirigées dans des sens opposés; la direction du mouvement ne coïncide pas avec la direction de la ligne qui joint les particules, par conséquent, on n'a pas uniquement un mouvement d'écartement, mais en même temps un mouvement de rotation, c'est-à-dire un tourbillon. Le rayon de ce tourbillon est très petit, puisque des particules distantes de 20^{μ} à 30^{μ} sont déplacées en sens opposé.

Après l'étincelle, la disposition des particules se trouve complètement changée. En effet, la photographie faite $\frac{1}{20}$ de seconde avant l'étincelle diffère complètement de celle faite $\frac{1}{20}$ de seconde après l'étincelle; les particules de fumée sont distribuées

d'une façon différente et continuent à présenter leurs mouvements browniens dans ces nouvelles positions. Le phénomène complet dure donc moins de $\frac{1}{20}$ de seconde.

Nous avons pu repérer les positions de quelques particules sur plusieurs images successives faites avant l'étincelle, nous avons tracé ainsi la projection du chemin suivi par chacune de ces particules pendant le mouvement brownien; au moment de l'étincelle, nous avons un déplacement bien plus intense que nous avons également porté sur la même figure, on obtient ainsi une image représentant exactement les mouvements des particules (*fig.* 2).

Fig. 2.



Il nous est difficile de donner des valeurs précises de la grandeur de la vitesse acquise par les particules pendant l'étincelle, nous ne pouvons donner qu'une valeur très approximative de 1^{mm} par seconde. Pour les mêmes particules les déplacements dus aux mouvements browniens sont de 5^{μ} à 6^{μ} par $\frac{1}{10}$ de seconde.

Conclusion. — *Dans le cas de chocs très rapides se produisant dans l'air, il y a formation de tourbillons de rayons très petits, qui écartent les particules ultramicroscopiques les unes des autres.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formule du carbure d'uranium.* Note de M. **Paul Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les belles recherches effectuées par Henri Moissan dans le domaine de la chimie des hautes températures, ont démontré que la plupart des combinaisons binaires, susceptibles d'être préparées au four électrique, possédaient des formules se rapportant à quelques types simples. Dans le groupe

important des carbures métalliques, par exemple, nous voyons que les carbures alcalino-terreux et les carbures des métaux rares ont tous une formule du type C^2M. Le carbure d'uranium a comme les précédents la propriété de décomposer l'eau, et dans cette réaction, il fournit de même que les carbures des métaux des terres rares, un mélange complexe d'hydrogène et d'hydrocarbures gazeux, liquides et solides. Se rapprochant ainsi de cette série de composés il s'en écarte par sa formule C^3Ur^2 (¹).

Dans le cours de recherches que nous poursuivons sur la chimie de l'uranium, nous avons été conduit à faire quelques analyses de fontes carburées de ce métal. En dosant, par combustion, le carbone dans des produits ne renfermant pas de graphite, nous avons été surpris de trouver une proportion de carbone combiné plus élevée que celle qui correspondrait à la formule C^3Ur^2. Voici les résultats concernant trois produits différents A, B et C :

	A.		B.		C.	
Carbone pour 100...	7,90	7,83	8,26	8,37	8,34	8,40
Uranium..........	92,83	92,47	91,67	91,66	91,69	91,45
	100,73	100,30	99,93	100,03	100,03	99,85

La formule C^3Ur^2, exigeant pour $Ur = 238,5$ une proportion centésimale de carbone de 7,157, ne pouvait donc plus être admise.

D'autres échantillons de fontes carburées renfermant respectivement : 9,99; 9,42 et 9,60 de carbone abandonnaient après traitement par l'acide azotique un résidu de graphite très bien cristallisé.

L'examen métallographique de ces divers produits nous a permis de constater que l'échantillon sans graphite et titrant 8,40 pour 100 de carbone était sensiblement homogène et que les fontes graphitiques étaient formées par un constituant carburé unique dans lequel apparaissaient de beaux cristaux de graphite. Il devenait donc possible, dans ces conditions, d'établir la composition exacte du composé défini existant dans ces produits. Il suffisait de déterminer la proportion du carbone combiné à l'uranium, proportion qui déjà pouvait être considérée comme comprise entre les nombres 8,40 et 9,42 pour 100.

Dans le procédé analytique employé par Henri Moissan, le carbone combiné était évalué en retranchant, du poids du carbone total dosé par combustion ou par attaque du carbure d'uranium dans un courant de

(¹) Henri Moissan, *Comptes rendus*, t. 122, p. 274.

chlore, le poids du graphite que laissait un échantillon du même carbure, après sa dissolution dans l'acide chlorhydrique. Nous avons reconnu que cette méthode, appliquée au carbure d'uranium, comportait plusieurs causes d'erreurs.

En premier lieu, la répartition inégale du graphite dans la masse et la facilité avec laquelle le graphite se sépare dans la pulvérisation de la fonte d'uranium ne permettent pas d'obtenir deux échantillons comparables. Nous avons, de plus, observé que le graphite, séparé par l'action des acides, retenait une petite quantité de carbures d'hydrogène, qui ne s'éliminaient que difficilement par des lavages répétés à l'alcool et à l'éther. Enfin, pour obtenir une combustion complète du carbure, il est nécessaire d'opérer sur un produit finement pulvérisé. La division du carbure, dans nos essais, était obtenue par broyage dans un mortier sous une couche de vaseline, qu'on séparait ensuite par lavage à l'éther anhydre.

Pour l'analyse, nous avons adopté le mode opératoire suivant :

Un poids donné de fonte carburée d'uranium est traité par de l'acide azotique étendu de deux fois son volume d'eau. Le résidu insoluble, soigneusement épuisé par l'acide azotique, est recueilli dans un creuset de Gooch. On lave à l'alcool, puis à l'éther, et l'on pèse après une calcination de peu de durée au-dessous de 400°. On évalue ainsi, assez exactement, le graphite. Le liquide filtré, de couleur jaune foncé, sert au dosage de l'uranium. Il renferme des matières organiques qu'on détruit par calcination. Après redissolution dans l'acide azotique, on précipite par l'ammoniaque et l'on transforme par la chaleur l'uranate en oxyde U^3O^8, qu'on pèse. Trois échantillons différents nous ont donné les résultats suivants :

	C.	D.	E.
Graphite pour 100	1,86	1,47	3,38
Uranium	89,61	89,73	87,97
Carbone combiné par différence	8,53	8,80	8,65

Au moyen de ces données, on déduit les compositions centésimales du carbone défini, qui sont respectivement :

	C.	D.	E.
Carbone pour 100	8,78	8,93	8,93
Uranium	91,22	91,06	91,06

Ces nombres sont assez voisins de ceux qui correspondent à la composition exigée par la formule C^2Ur, soit pour $Ur = 238,5$:

Carbone pour 100	9,14
Uranium	90,85

Ces résultats analytiques et l'examen métallographique des fontes car-

burées d'uranium, nous permettent d'adopter, pour le carbure d'uranium existant dans les fontes graphitiques, la formule C^2Ur. Ce composé se trouve ainsi rattaché, par sa formule et ses propriétés, au groupe des carbures des terres rares. Il se place à côté du carbure de thorium, avec lequel il présente le plus d'analogie, par la complexité de ses produits de décomposition par l'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxychlorures mercuriques*. Note de M. **Driot**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les oxychlorures mercuriques ont été étudiés par de nombreux auteurs, dont les principaux sont Roucher (1), Millon (2), André (3), Thummel (4), Schoch (5) et Tarugi (6). On a ainsi signalé un nombre considérable d'oxychlorures présentant presque tous deux ou trois variétés allotropiques chacun. Mais les résultats obtenus par les différents auteurs concordent mal, et beaucoup d'entre eux ne semblent pas s'être préoccupés d'examiner si les précipités qu'ils analysaient n'étaient pas des mélanges. Il m'a paru intéressant de reprendre cette étude en s'assurant de l'homogénéité des produits obtenus.

J'ai d'abord examiné les oxychlorures qui se forment par voie sèche. Des mélanges de sublimé et d'oxyde mercurique en proportions variées ont été fondus en tubes scellés, et examinés métallographiquement. Je n'ai pu préparer de culot contenant plus de 30 pour 100 d'oxyde, car, au-dessus de cette teneur, il fallait chauffer trop fort pour arriver à la fusion complète, et les tubes éclataient. Les échantillons examinés ont tous montré des cristaux semblables sur un fond homogène. J'ai pu isoler ces cristaux en attaquant un culot par une solution bouillante de sublimé à 5 pour 100 et l'analyse leur a assigné la formule $HgCl^2 . 2HgO$.

	Trouvé.	Calculé.
$HgCl^2$	37,5	38,5
HgO	62,1	61,5

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVII, 1849, p. 235.
(2) *Id.*, 3e série, t. XVIII, 1846, p. 373.
(3) *Id.*, 6e série, t. III, 1884, p. 17.
(4) *Archiv der Pharmacie*, 3e série, t. XXVII, 1889, p. 689.
(5) *American Chemical Journal*, t. XXIX, 1903, p. 319.
(6) *Gazzetta chimica italiana*, t. XXXI, 1901, 2e fasc., p. 313.

Ensuite, j'ai étudié les oxychlorures qui se forment par voie humide.

J'ai employé la méthode qui consiste à saturer d'oxyde mercurique une solution bouillante de sublimé, à filtrer rapidement et laisser l'oxychlorure se déposer par refroidissement, on obtient ainsi quelques décigrammes de précipité par litre de liqueur. Cette méthode, qui n'a pour ainsi dire pas été employée jusqu'ici pour les oxychlorures mercuriques, donne à coup sûr des réactions complètes. Elle peut évidemment donner des mélanges ou des cristaux mixtes, mais, dans ces deux cas, la composition du précipité doit varier avec la concentration des eaux mères ; donc si deux solutions de concentrations différentes donnent le même résultat, on peut affirmer qu'on a affaire à un composé défini. J'ai donc opéré sur toute une série de solutions de concentrations variées. Elles étaient maintenues 8 heures à l'ébullition en présence d'oxyde mercurique, filtrées rapidement et abandonnées soit à la température du laboratoire, soit dans des étuves de température convenable pour celles dont la concentration était plus forte que la saturation en sublimé à la température ordinaire. Le précipité était lavé à l'alcool et analysé.

J'ai obtenu les résultats suivants :

Les solutions contenant de 0,5 à 4 pour 100 de sublimé donnent, au commencement du refroidissement, un louche jaunâtre qui doit être un oxychlorure que nous verrons plus tard, et, ensuite, de fines aiguilles dont la couleur varie du jaune au noir, suivant leur grosseur, répondant à la formule $HgCl^2.3HgO$:

	Trouvé.		Calculé.
$HgCl^2$	29,5	29,2	29,5
HgO	70	70	70,5

Les solutions contenant de 4 à 8 pour 100 de sublimé donnent d'abord le même louche et ensuite de petits cristaux noirs, d'apparence rhomboédrique, de formule $AgCl^2.2HgO$:

	Trouvé.		Calculé.
$HgCl^2$	38,7	38	38,5
HgO	61	61,4	61,5

Une solution à 10 pour 100 a donné un mélange de cristaux noirs, de cristaux blanc jaunâtre et de poudre amorphe jaune. Les solutions de 13 à 20 pour 100 donnent une très petite quantité de poudre jaune qu'on élimine facilement par lévigation, et des cristaux blanc jaunâtre qui doivent contenir des inclusions de la poudre jaune, et répondent à la formule $2HgCl^2.HgO$:

	Trouvé.		Calculé.
$HgCl^2$	71	70	71,5
HgO	29,4	29,8	28,5

Les solutions plus concentrées ne donnent plus que la poudre jaune amorphe en trop petite quantité pour être analysée. J'ai pu la reproduire en plus grande quantité en traitant pendant 5 ou 6 jours au voisinage de 100° de l'oxyde finement pulvérisé par un très grand excès d'une solution de sublimé à 30 pour 100. Elle a pour formule $HgCl^2.HgO$:

	Trouvé.		Calculé.
$HgCl^2$	55,6	54,5	55,6
HgO	44,3	45,1	44,4

On obtient le même corps en évaporant à sec au bain-marie une solution de sublimé saturé d'oxyde et dissolvant le sublimé dans l'alcool. Une série d'essais qualitatifs m'ont conduit à penser que $HgCl^2.HgO$ doit exister pour toutes les concentrations entre 100° et une limite inférieure de température variant de 40° à 70° suivant la concentration, et que les autres oxychlorures doivent être stables aux températures inférieures et aux concentrations indiquées plus haut. En résumé, je n'ai trouvé que quatre oxychlorures $HgCl^2.3HgO$, $HgCl^2.2HgO$, $HgCl^2.HgO$ et $2HgCl^2,HgO$ n'ayant chacun qu'une forme.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mode de formation du chloro-éthoxyacétate d'éthyle. Emploi de cet éther dans la synthèse des acides-alcools α.* Note de MM. E.-E. **Blaise** et L. **Picard**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes antérieures nous avons résumé les résultats obtenus dans la condensation des chlorures des acides α-alcoxylés ou aryloxylés avec les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc. Nous nous sommes proposé d'étendre ces recherches aux acides α-diéthoxylés. En employant la méthode de Schreiber pour la préparation de l'acide diéthoxyacétique, on n'obtient qu'un corps très impur, et il est nécessaire d'éthérifier le produit brut et de fractionner l'éther obtenu.

On sépare ainsi une première fraction, constituée par de l'alcoolate de glyoxylate d'éthyle et l'on obtient le diéthoxyacétate d'éthyle avec un rendement de 50 pour 100 (éb. : 87°-90° sous 15^{mm}). La saponification de cet éther, à basse température, donne l'acide diéthoxyacétique pur : liquide très épais, distillable dans le vide par très petites quantités seulement, bouillant avec décomposition notable à 108°-110° sous 11^{mm}.

La condensation du chlorure de diéthoxyacétyle avec les iodures de zinc-alcoyles eût été particulièrement intéressante, en ce qu'elle eût conduit aux acétals des cétones-

aldéhydes α

$$(C^2H^5-O)^2CH-COCl \rightarrow (C^2H^5-O)^2-CH-CO-R.$$

Mais l'expérience nous a montré que ce chlorure ne peut être obtenu, car aussitôt formé il subit une transposition moléculaire.

L'action du chlorure de thionyle sur l'acide diéthoxyacétique est complexe; elle donne un produit non volatil, constitué par un anhydride de l'acide glyoxylique, et une partie volatile. Celle-ci se décompose elle-même en deux fractions bouillant, l'une à 50°-53° sous 60mm et, la seconde, à 79°-81° sous 10mm. La première de ces fractions est formée de chlorure-éther sulfureux $C^2H^5-O-SO-Cl$, déjà obtenu par Michaelis et Schumann. Quant à la fraction qui bout à 79°-81°, elle devrait constituer le chlorure de diéthoxyacétyle. Ce corps possède bien, en effet, la composition exigée, mais sa constitution est tout autre. C'est un liquide mobile, à odeur non désagréable, et qui ne réagit pas sur l'eau, à froid. Nous avons établi la constitution de ce corps, d'une part, en le condensant avec les dérivés organo-zinciques mixtes, et, d'autre part, en le reproduisant à partir de l'alcoolate de glyoxylate d'éthyle.

La condensation avec l'iodure de zinc-propyle ne donne aucun produit cétonique, mais fournit, avec un excellent rendement, un éther-sel identique à l'α-éthoxy-*n*-valérate d'éthyle. Nous avons préparé cet éther synthétiquement et identifié les deux acides (acide : éb. 114° sous 11mm; amide : fus. 91°; anilide : fus. 68°; *p*-toluide : éb. 184° sous 11mm; sel de Ca + $2H^2O$). De là résulte que l'isomère du chlorure de diéthoxyacétyle n'est autre chose que le chloro-éthoxyacétate d'éthyle

$$\begin{aligned} &C^2H^5-O-CHCl-CO^2C^2H^5+C^3H^7-Zn-I \\ &= ZnICl+C^2H^5-O-CH(C^3H^7)CO^2C^2H^5. \end{aligned}$$

Le chloro-éthoxyacétate d'éthyle ne peut être obtenu directement par chloruration de l'éther éthoxyacétique, mais nous avons réussi à le reproduire en remplaçant, dans l'alcoolate de glyoxylate d'éthyle, l'oxhydrile par 1at de chlore. Nous avons d'abord essayé d'effectuer cette transformation par action du chlorure d'acétyle, mais il est remarquable que les deux corps ne réagissent pas l'un sur l'autre à la température d'ébullition de leur mélange. Le chlorure de thionyle lui-même ne réagit qu'à 7?°-80°, mais fournit effectivement de l'éther chloro-éthoxyacétique, en même temps qu'un anhydride de l'acide glyoxylique

$$C^2H^5-O-CHOH-CO^2C^2H^5 \rightarrow C^2H^5-O-CHCl-CO^2C^2H^5.$$

La formation du chloro-éthoxyacétate d'éthyle dans l'action du chlorure de thionyle sur l'acide diéthoxyacétique ne semble pouvoir s'expliquer que par une transposition, puisque la fonction acide primitive se trouve transformée en une fonction éther-sel. On aurait donc successivement

$$(C^2H^5-O)^2CH-CO^2H \rightarrow (C^2H^5-O)^2CH-COCl \rightarrow (C^2H^5-O)CHCl-CO^2C^2H^5,$$

un groupement éthoxylé permutant avec l'atome de chlore.

Quant à la formation des acides α-éthoxyles par condensation des iodures de zinc-alcoyles avec l'éther chloro-éthoxyacétique, elle est intéressante en ce qu'elle constitue une méthode de synthèse des acides-alcools α par fixation du groupement $-CHOH-CO^2H$ sur un radical carboné quelconque. Elle serait pratiquement utilisable, si l'on arrivait à préparer facilement l'éther chloro-éthoxyacétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nouvelle série de leucobases et colorants du diphényléthylène.* Note de M. **P. Lemoult**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 606) j'ai montré que certains dérivés alcoylés du *p.p*-diamidodiphényléthylène, comme par exemple le corps $CH^3-CH=C(Dm)^2$ [Dm représentant $-C^6H^4Az(CH^3)^2$], sont des leucabases nouvelles, capables de fournir par oxydation des colorants nouveaux. J'ai indiqué que l'agent de transformation le mieux approprié à la production des nouveaux colorants est l'acide nitreux en liqueur très étendue (nitrite de sodium et acide étendus); et cette transformation étant plus particulièrement nette avec les composés du type ${}^{H}_{R}\!>\!C=C(Dm)^2$, j'en avais conclu « qu'il paraissait nécessaire qu'au moins 1at d'hydrogène soit fixé sur le carbone éthylénique » (celui qui est apporté par le dérivé magnésien). Parmi les raisons qui avaient motivé cette opinion momentanée, se trouvait l'examen du composé éthylénique obtenu, mais impur, dans l'action du bromure de cyclohexyle-magnésium sur le cétone de Michler, composé qui ne donnait au nitrite qu'une coloration insignifiante. MM. Wahl et Meyer ayant obtenu le composé en question $C^6H^{10}=C(Dm)^2$ et réalisé avec lui, « sous l'action de PbO^2 ou du chloranile, une coloration bleue très intense et très pure », mirent en doute l'opinion assez réservée que j'avais émise (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 30).

Afin de résoudre cette question, très importante pour la constitution des

nouveaux colorants et peut-être aussi d'autres colorants du di- et du triphénylméthane, j'ai préparé de nouveaux corps éthyléniques correspondant aux deux types suivants :

$$(I)\quad \begin{matrix}H\\R\end{matrix}\!\!>C = C(Dm)^2, \qquad (II)\quad \begin{matrix}R^1\\R^2\end{matrix}\!\!>C = C(Dm)^2,$$

avec ou sans hydrogène sur leur carbone éthylénique.

On les obtient par l'action, sur la cétone de Michler, des dérivés magnésiens d'iodures alcooliques convenablement choisis ; il se produit toujours des réactions accessoires, comme la formation de carbures, d'hydrol de Michler, et d'autres composés qui ne sont pas encore complètement étudiés ; mais si on n'observe qu'à titre exceptionnellement rare des composés alcooliques : $(RR')(CH - C(OH)(Dm)^2$, il se produit toujours des composés éthyléniques, avec des rendements d'ailleurs très variables. Mes premiers essais m'avaient laissé l'impression que le produit dérivé du bromure de cyclohexyle s'obtient plus facilement que ne le disent MM. Wahl et Meyer ; j'ai repris la question et constaté que sa préparation est relativement très facile ; en partant de cyclohexanol (que M. Wahl avait très obligeamment mis à ma disposition), et en le transformant en bromure de cyclohexyle, j'ai pu, sans difficultés, obtenir le produit éthylénique cherché, avec un rendement de 60 pour 100 au moins par rapport à la cétone employée, et en préparer une centaine de grammes sous forme de magnifiques aiguilles de plus de 1^{cm} de longueur que l'alcool donne tout à fait pures ; je n'ai pu m'expliquer la tentative infructueuse faite par MM. Schmidlin et von Escher (*Berichte*, t. XII, 1908, p. 447). J'ai employé les magnésiens correspondant aux iodures de propyle normal, d'isopropyle, de butyle normal primaire, d'isobutyle primaire, de butyle normal secondaire, et au bromure de cyclohexyle ; j'ai donc ainsi obtenu les corps suivants, tous bien cristallisés (sauf celui d'isobutyle primaire) et dont l'analyse a donné des résultats satisfaisants :

	Point de fusion.		Point de fusion.
$CH^3 - CH^2 - CH = C(Dm)^2$	47°,5	$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C = C(Dm)^2$	89°
$CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH = C(Dm)^2$.	50,5	$\begin{matrix}CH^3 - CH\\CH^3\end{matrix}\!\!>C = C(Dm)^2$.	79
$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH = C(Dm)^2$	»	$C^6H^{10} = C(Dm)^2$	144

Les nouveaux composés éthyléniques obtenus, associés à quelques-uns de ceux qu'a préparés M. Busignies (*Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 348),

forment une série qui se prête fort bien à l'examen de la question de la nécessité ou de l'inutilité de l'atome d'*hydrogène éthylénique*. J'ai opéré sur les huit composés suivants : cétone de Michler avec 1° méthyle; 2° éthyle; 3° propyle normal; 4° isopropyle; 5° butyle normal primaire; 6° butyle normal secondaire; 7° isoamyle primaire; 8° cyclohexyle, dont les nos 1, 2, 3, 5 et 7 sont du type (I) et les nos 4, 6 et 8 du type (II); je les ai transformés en colorants par l'action du nitrite en milieu acide, et les liqueurs employées ont servi à teindre de la satinette mordancée au tannin. A cet effet, $0^g,05$ de chaque composé sont dissous, avec $0^{cm^3},5$ HCl concentré, dans 50^{cm^3} d'eau pour les nos 3 et 4, et dans un peu plus ou un peu moins pour les autres, de manière à avoir partout la même dilution moléculaire ($1^{mol} = 294^l$); de chaque liqueur obtenue, on prend 20^{cm^3}, ce qui correspond à $0^g,02$ (et comme on teint sur 2^g de satinette, les nuances obtenues seront à 2 pour 100) et l'on ajoute d'abord, $0^{cm^3},5$ d'eau, puis $0^{cm^3},5$ d'une solution de nitrite de sodium à 10 pour 100; après 2 ou 3 minutes, on introduit 3^{cm^3} d'une solution d'acétate de sodium à 10 pour 100 pour neutraliser l'acide chlorhydrique; c'est dans ces bains qu'on introduit, en les maintenant à froid, les échantillons de tissu.

De suite on observe de très sensibles différences : les liqueurs 1, 2, 3, 5 et 7 prennent une coloration très accentuée et très belle, surtout après addition d'acétate, tandis que les liqueurs 4, 6, 8 se colorent à peine en un vert extrêmement pâle et se troublent par l'acétate. La teinture confirme ces observations; avec les produits du type (I) on a de très belles teintures très corsées : verte ou bleue, tandis qu'avec ceux du type (II) on n'a que des teintures extrêmement faibles, comme cela résulte de l'examen des échantillons que je joins à ma Note. Il est certain que si l'on n'avait que les colorations des nos 4, 6, 8, on n'oserait pas annoncer l'existence d'une nouvelle série de leucobases et de colorants, tandis que cette affirmation est tout à fait justifiée pour les produits 1, 2, 3, 5 et 7; ceux-ci donnant comparativement au bleu méthylène à 3 pour 100 des nuances moins vives, mais d'intensité comparable.

Donc, avec l'acide nitreux comme agent de transformation, les produits éthyléniques du type (I) donnent de vrais colorants et sont de véritables leucobases, tandis que ceux du type (II) donnent des colorants très faibles, à peine existants, et ne sont que des pseudo-leucobases; l'hydrogène éthylénique est indispensable.

J'étudie l'action des oxydants usuels, chloranile, PbO^2, etc.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Conservation des matières salines chez une plante annuelle; répartition des éléments fixes*. Note de M. G. ANDRÉ, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai suivi dans ma dernière Note (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 777) les variations de la matière sèche, des cendres totales et de l'azote dans les différents organes de l'œillette, dont j'ai décrit antérieurement l'évolution (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1378) et qui conserve intégralement jusqu'à la fin de sa végétation, ainsi que je l'ai montré, les matières salines et l'azote qu'elle a accumulés pendant le cours de son existence.

Je m'occuperai aujourd'hui de la migration des éléments fixes, acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, dans chaque organe en particulier. Les chiffres du Tableau ci-dessous se rapportent à 100 plantes complètes, séchées à 110°; je ne donne, pour abréger, que les nombres relatifs à l'acide phosphorique et à la potasse : I, échantillon pris le 13 juin 1910; II, le 28 juin, formation des boutons floraux; III, le 13 juillet, floraison; IV, le 9 août, fruits presque mûrs; V, le 23 août, maturité complète.

	Poids de 100 organes secs.	PO^4H^3 dans 100 organes secs.	K^2O dans 100 organes secs.	Poids de 100 organes secs.	PO^4H^3 dans 100 organes secs.	K^2O dans 100 organes secs.
		Racines.			*Feuilles.*	
I.......	32^g,85	0^g,6208	2^g,3144	287^g,55	5^g,2676	19^g,3535
II......	193,12	2,6823	7,9372	791,25	10,9983	39,7205
III.....	416,00	5,3664	13,6864	1134,84	22,6968	52,8835
IV.....	545,16	3,4890	12,7567	1367,28	21,1928	32,2678
V......	655,40	2,9493	16,0573	1269,85	17,2699	17,5239
		Tiges.			*Fruits.*	
I.......	57,85	1,1974	4,9924	»	»	»
II......	698,43	11,5939	41,0676	»	»	»
III.....	1787,20	33,7780	66,6625	343,88	6,3273	11,7263
IV.....	2385,20	19,5586	60,3455	1922,84	46,1481	38,4568
V......	2947,30	14,1417	81,0507	2180,80	52,9934	45,5787

I. La répartition de l'acide phosphorique suit une marche beaucoup plus régulière que celle de l'azote. En effet, dans les racines, les tiges et les feuilles,

cet acide présente un poids absolu qui est maximum au début de la fructification (III). Ce poids diminue ensuite jusqu'à la fin de la végétation. Dans les fruits, l'acide phosphorique augmente avec la même rapidité que l'azote pendant la période active de la maturation (13 juillet-9 août). Au delà de cette dernière date, son augmentation est faible, comme celle de l'azote.

II. Les variations de la potasse, chose remarquable, suivent exactement celles de l'azote. On voit, d'après les chiffres du Tableau, que, dans les racines, le poids absolu de cet élément croît jusqu'au 13 juillet, puis diminue légèrement et présente un maximum à la fin de la fructification : la plante continue donc à absorber cette base jusqu'au terme de sa végétation. Cette accumulation est particulièrement sensible chez les tiges où le poids de la potasse est très élevé à la dernière prise d'échantillon.

La diminution du poids absolu de cette base, entre les troisième et quatrième prises, est égale, pour les tiges, à 6^{g},3170; la diminution du poids absolu de cette même base chez les feuilles, dans le même espace de temps, est égale à 20^{g},6157. La somme de ces deux nombres, 26^{g},9327, est très sensiblement égale à l'augmentation de la potasse dans les fruits pendant la même période, soit 26^{g},7305. Il semble donc que ceux-ci ont bénéficié de toute la potasse perdue par les tiges et les feuilles.

Le poids *relatif* de la potasse chez les feuilles, rapporté à 100 parties de matière sèche, est toujours plus élevé au début de la végétation ; le même fait a lieu pour l'azote et l'acide phosphorique. C'est là d'ailleurs une règle générale : la proportion centésimale des substances fixes, rapportée à 100 parties de matière sèche, est d'autant plus élevée que la plante est plus jeune. C'est dans les tiges et les racines que la proportion de la potasse (rapportée à 100 parties de cendres) est la plus élevée pendant tout le cours de la vie de la plante. Lorsque la maturation est achevée, 100 parties de cendres renferment encore 29,75 pour 100 de potasse chez les racines et 35,24 chez les tiges. Celles-ci apparaissent donc comme les organes où se concentre l'alcali lorsqu'il n'est plus d'aucune utilité pour la plante. Il s'y rencontre, en général, à l'état de sels organiques (malate, oxalate, citrate); parfois il s'y trouve à l'état de nitrate : mais ce n'est pas ici le cas, ainsi que je l'ai vérifié. Peut-être est-ce sous cette forme de sels organiques que la potasse ferait, dans certains cas, retour au sol, ainsi qu'il arrive dans l'exemple bien connu des céréales qui, entre la floraison et la maturation complète, perdent une quantité considérable de cette base, d'après les expériences très nettes de Joulie à cet égard.

III. La chaux et la magnésie augmentent, en poids absolu, d'une façon continue dans tous les organes. Entre les quatrième et cinquième prises d'échantillon, c'est-à-dire en fin de végétation, le poids de ces deux bases diminue dans les feuilles, peut-être par suite de la chute de quelques-unes d'entre elles. Toutefois on peut penser qu'une partie de la magnésie émigre dans les fruits et surtout dans les graines chez lesquelles cette substance joue un rôle si important.

En résumé, et pour la plante dont je viens de décrire le cycle de végétation, il n'y a eu perte ni d'azote, ni d'aucun élément fixe pendant tout le cours de son évolution. Mais je fais, en terminant, des réserves formelles relativement au départ, soit par lavage des organes, soit plutôt par exosmose dans le sol, de quelques-uns des éléments salins dont certaines plantes peuvent se charger pendant la période ascendante de leur végétation. Les alcalis, et principalement la potasse, paraissent être les substances les plus aptes à quitter le végétal. Toutefois le mécanisme de cette exosmose et le mode de combinaison qu'affectent ces alcalis, lorsqu'ils font ainsi retour au sol, sont encore mal connus.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les conditions de l'assimilation chlorophyllienne chez les Cyanophycées.* Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une récente Communication j'ai montré comment on pouvait déterminer, au moyen des phénomènes de croissance, l'enregistrement photographique des radiations qui produisent la synthèse chlorophyllienne [1].

Il était intéressant d'appliquer cette nouvelle méthode à des organismes chez lesquels la chlorophylle est mélangée d'autres pigments.

Les Cyanophycées devaient tout d'abord attirer notre attention : ce sont des Algues bleues voisines des Bactéries; leur parenté avec les Algues vertes est plus obscure.

Un certain nombre d'observations nous avaient conduit à supposer que les Cyanophycées peuvent se servir, pour leur croissance, de radiations infra-rouges que les plantes vertes sont dans l'impossibilité d'utiliser.

---

[1] P.-A. Dangeard, *Sur la détermination des rayons actifs dans la synthèse chlorophyllienne* (*Comptes rendus*, 30, janvier 1911).

Ainsi, ces Algues représentent, au point de vue du phototactisme, des phénomènes très intéressants; les nombreux spectrogrammes que nous avons obtenus depuis 2 ans montrent que les Cyanophycées mobiles viennent se fixer dans la région la moins réfrangible du spectre, en s'avançant plus ou moins selon les espèces ([1]); l'une d'elles, en particulier, s'accumule entre les longueurs d'onde 670-635 et dessine ainsi la bande d'absorption I de la chlorophylle; une autre accumulation se produit suivant une autre bande située vers λ 720-730.

En suivant ces indications, il a été possible de mettre en évidence, dans le pigment de cette Oscillaire, au moyen de la photographie, la bande d'absorption correspondante à cette fixation de l'Algue dans la région infra-rouge ; elle se montre un peu plus faible que la bande I de la chlorophylle qui l'accompagne toujours.

Continuant nos expériences, nous avons recherché comment le pigment de cette Oscillaire se comportait dans la méthode de décoloration dont nous avons signalé le principe à l'Académie ([2]) : or le spectrogramme de décoloration obtenu correspondait au spectrogramme de fixation et au spectrogramme d'absorption.

Il ne restait qu'à prendre une espèce de Cyanophycées à thalle immobile, pour en établir le spectrogramme de fixation; après bien des essais, nous avons fini par obtenir un *Phormidium* voisin par ses dimensions du *P. tenue* qui formait un revêtement à peu près homogène sur les parois des tubes de culture : c'est un de ces tubes qui a été placé en expérience devant un spectre bien pur et de grande intensité; au moyen de prises répétées sur les tubes témoins, nous avons pu constater que la mobilité était pratiquement nulle dans ce *Phormidium* et qu'elle ne pouvait vicier les résultats de l'expérience.

L'expérience ayant été continuée sans interruption pendant 6 semaines a donné lieu aux constatations suivantes :

1° L'action des rayons verts et des rayons les plus réfrangibles ne s'est pas manifestée de façon sensible; aucun maximum de croissance n'existe dans cette région du spectre.

([1]) P.-A. Dangeard, *Phototactisme, assimilation, phénomènes de croissance* (*Bul. Soc. Bot. de France*, 1900).

([2]) P.-A. Dangeard, *L'action de la lumière sur la chlorophylle* (*Comptes rendus*, 27 décembre 1910).

2° En dehors de l'action rapide dans la croissance et prépondérante des rayons de longueurs d'onde 670-635, il est nécessaire de noter l'action plus faible, mais notable cependant, des rayons situés dans le voisinage des bandes d'absorption II et III de la chlorophylle.

Ces résultats sont en accord avec ceux que j'ai indiqués précédemment pour les plantes vertes, dans l'expérience du *Chorella;* mais il en est un autre qui est particulier aux Cyanophycées représentées ici par le *Phormidium :* la culture présentait, en effet, une zone de croissance très nette située à la limite de l'infra-rouge; le sillon qui la séparait de la zone de croissance correspondant à la bande I était dépourvu de toute végétation.

Il est donc établi que les Cyanophycées possèdent la propriété d'utiliser pour leur croissance, au même titre que les rayons orangés, les rayons infra-rouges situés à la limite du spectre visible, et ceci est une transition vers le cas des Sulfuraires qui recherchent et, sans doute, utilisent les radiations obscures situées au delà de la raie A de Fraunhofer.

BOTANIQUE. — *Sur les fusions nucléaires sans caractère sexuel.* Note (¹) de M. **Jean Bonnet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On connaît actuellement d'assez nombreux cas de fusions nucléaires extrasexuelles. Pour ne parler que des végétaux supérieurs, divers auteurs, entre autres Strasburger, Tischler, Ernst, Rosenberg, en ont signalé dans l'endosperme de plusieurs plantes; Némec, dans les cellules plurinucléées des Euphorbiacées, dans des racines chloralisées, etc.

J'ai observé des fusions nucléaires dans les cellules nourricières du pollen de diverses Angiospermes, où Winkler (1906), Tischler (1908) et Strasburger (1909), les avaient déjà pressenties. Mes observations portent principalement sur *Yucca gloriosa*, *Hyoscyamus albus* et un *Fuchsia* d'espèce indéterminée.

Les fusions nucléaires sont assez difficiles à distinguer des phénomènes d'amitose ; mais on peut les distinguer, dans le cas qui nous occupe, en se basant sur les faits suivants :

1° La première division du noyau primitivement unique de chaque

(¹) Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

cellule nourricière se fait toujours par karyokinèse. Ainsi prennent naissance deux noyaux de deuxième génération, entre lesquels ne se forme jamais, ou presque jamais, de membrane. Or, si l'on observe l'assise nourricière à un moment où, cette première mitose étant effectuée, la très grande majorité des cellules possèdent deux noyaux, on en voit quelques-unes qui n'en ont qu'un, mais, deux fois plus volumineux que ceux des cellules binucléées. Ce noyau de taille double provient très vraisemblablement de la fusion de deux noyaux de deuxième génération issus par division indirecte du noyau primitif de la cellule envisagée ; il est, en effet, difficile d'admettre qu'un noyau ait subi une pareille augmentation de volume sans quitter l'état quiescent.

2° D'ailleurs, il est certaines apparences qu'on peut envisager comme les étapes de telles conjugaisons nucléaires. En effet, on peut observer assez souvent que les deux noyaux contenus dans une même cellule sont très rapprochés l'un de l'autre et se présentent en coupe sous l'aspect de deux demi-cercles opposés, leurs diamètres étant parallèles et très voisins l'un de l'autre.

De plus les surfaces planes, en regard l'une de l'autre, sont doublées par une couche épaisse de chromatine, ce qui donne aux noyaux une polarité très nette, le reste de la cavité nucléaire étant plus ou moins dépourvu de chromatine. Cette concentration de la chromatine de chaque noyau, vis-à-vis du noyau opposé, montre bien que leur rapprochement et leur accolement ne sont pas dus au hasard.

On peut observer les étapes ultérieures très curieuses de la fusion nucléaire, avec conjugaison des deux plaques nucléaires opposées. Ces phénomènes seront décrits en détail dans un travail plus étendu.

On pourrait penser à reprendre cette filiation en sens inverse, et l'on aurait alors un cas d'amitose complexe, rentrant dans cette catégorie de divisions nucléaires que Wasielewski a appelées *diatmèses*. Cependant, cette manière de voir ne paraît pas juste.

3° Dans les cellules contenant quatre noyaux de troisième génération, produits eux aussi par karyokinèse, on observe de même une conjugaison de ces noyaux, deux à deux, ce qui produit deux noyaux de taille double.

4° Les phénomènes de fusion, au lieu de se limiter à deux noyaux, peuvent s'étendre à plus grand nombre, et l'on constate ainsi parfois des masses en forme de chapelet ou de C, dans lesquelles on peut nettement distinguer 3 ou 4 vésicules partielles, chacune avec ses nucléoles et son réseau chro-

matique, et toujours avec une concentration de la chromatine au niveau des surfaces de contact.

5° Des fusions nucléaires peuvent encore se produire entre noyaux en cinèse. En effet, lors de la mitose conjuguée des deux noyaux de deuxième génération, les axes des deux figures cinétiques sont le plus souvent à peu près dans le prolongement l'un de l'autre. Il arrive alors à l'anaphase que les deux plaques chromatiques les plus centrales viennent au contact, se fusionnent et il ne se forme autour d'elles qu'une seule matière. On obtient alors une cellule contenant trois noyaux, le médian deux fois plus volumineux que les deux extrêmes. Kemp a récemment figuré des aspects analogues dans les racines chloralisées de *Vicia Faba*.

6° Les noyaux polyploïdes se divisent ultérieurement par karyokinèse, et il ne semble à la prophase ne s'y former qu'un spirème unique. La formation d'un spirème multiple dans un noyau polyploïde a été d'ailleurs très rarement signalée, et tient sans doute à ce que la fusion des noyaux constituants a été incomplète. C'est peut-être à une cause analogue qu'il faut rapporter l'apparence, déjà signalée par Winkler, des plaques équatoriales doubles fournies par des noyaux diploïdes. On observe alors que les chromosomes, au lieu de s'ordonner régulièrement suivant une surface circulaire, dessinent une figure en forme d'haltère. Mais le plus souvent la métaphase de la karyokinèse est parfaitement régulière et donne naissance comme normalement à deux plaques filles qui se reconstituent chacune en un noyau. Cependant, dans le cas où la plaque métaphasique a la forme d'un sablier, il peut se produire une anomalie, par le fait qu'une des deux plaques anaphasiques se scinde en deux; dans ce cas, tandis qu'à un pôle de la figure il ne se reforme qu'un noyau, à l'autre pôle il s'en reconstitue deux. On obtient ainsi une figure cinétique en forme de V. Kemp a encore signalé des fuseaux de ce genre dans les racines chloralisées de *Vicia Faba*.

7° Les figures karyokinétiques, fournies par les noyaux polyploïdes, sont hyperchromatiques. Cette apparence se traduit dans les métaphases et les anaphases, par ce fait que les plaques chromatiques sont extrêmement larges et souvent aussi très épaisses.

Cette hyperchromaticité se traduit d'autre part dans le nombre des chromosomes, et fournit à ce point de vue des images particulièrement nettes dans le *Yucca*. Celui-ci, en effet, comme l'a bien établi Clémens-Müller, possède dans ses cinèses somatiques deux sortes de chromosomes : les uns en forme de bâtonnets, 5 à 6 fois plus longs que larges et au nombre constant

de 10; les autres, plus petits, dont le nombre est d'environ 45. Ces deux sortes de chromosomes se retrouvent dans les cinèses des noyaux des cellules nourricières, et la différence de taille permet de mesurer avec exactitude le degré de l'hyperchromaticité, en comptant les gros chromosomes. Ceux-ci sont souvent en nombre supérieur à 20, et même, à un stade très avancé de la vie de l'assise nourricière, j'ai compté, dans une plaque équatoriale en vue polaire, particulièrement volumineuse, 67 de ces gros chromosomes. Le noyau qui l'avait engendrée était donc certainement au moins heptaploïde.

D'autre part, les mêmes apparences m'ont amené à penser que certaines mitoses conjuguées volumineuses, que j'ai souvent observées dans les cellules nourricières, sont issues de noyaux polyploïdes.

Des phénomènes semblables peuvent être observés dans le *Fuchsia*, et même à l'état de repos dans la Jusquiame, car cette plante présente des prochromosomes particulièrement nets.

Les chromosomes des noyaux polyploïdes de toutes ces plantes sont d'ailleurs beaucoup plus volumineux que ceux des noyaux somatiques normaux, et cet accroissement de taille est sans doute en relation avec la taille beaucoup plus considérable des noyaux en question.

AGRONOMIE. — *Sur les bouillies anticryptogamiques mouillantes.* Note de MM. **Vermorel** et **E. Dantony**, présentée par M. A. Müntz.

Dans une précédente Note [1] nous avons indiqué comment on pouvait économiquement, grâce à l'oléate de soude contenu dans les savons, augmenter le pouvoir mouillant des mixtures insecticides.

Nous avons, dans le même ordre d'idée, essayé d'obtenir des produits fongicides d'un grand pouvoir mouillant. C'est ainsi que nous avons été amenés à conseiller, l'an dernier, l'essai de bouillies renfermant des savons gras d'argent, avec excès de savon alcalin soluble, le produit ainsi composé mouille les grappes et nous a donné des résultats très intéressants contre le mildiou du raisin.

Les bouillies cupriques peuvent, par l'addition de savon, acquérir un grand pouvoir mouillant.

---

[1] *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

M. Lavergne, un des premiers, a indiqué une formule : sulfate de cuivre, 500g; savon, 1000g, qui donne un produit très adhérent, mais dont le pouvoir mouillant est nul.

Le savon employé renfermant la moitié de son poids de carbonate de soude, la bouillie se trouvait composée d'hydrocarbonate de cuivre et de savon alcalin (500g au plus par hecto) et non pas de savons de cuivre.

M. Ravaz, le premier, a indiqué un procédé, vraiment pratique pour rendre les bouillies cupriques mouillantes, consistant à ajouter, à une bouillie bordelaise ou bourguignonne, du savon, jusqu'à ce que des grappes ou des feuilles, trempées dans le mélange, soient nettement mouillées. Reprenant les expériences de M. Ravaz, nous avons constaté que le mode de préparation de la bouillie influait considérablement sur le résultat obtenu.

Dans une première série d'essais, nous avons préparé des bouillies bourguignonnes en mélangeant les solutions suivantes :

1° 2kg de sulfate de cuivre dissous dans 50l d'eau;

2° 2kg de carbonate de soude du commerce dans 50l d'eau.

Le carbonate de soude employé avait une pureté telle que la quantité d'alcali en excès était de 400g par hecto.

Bouillie A. — Si l'on verse, *d'un seul coup*, la solution de carbonate de soude dans le sulfate de cuivre, on observe la formation d'un précipité, mais sans dégagement de gaz carbonique, celui-ci réagissant sur le carbonate de soude en excès, puis ultérieurement sur le sel de cuivre, de sorte que la bouillie ainsi préparée renferme, en définitive, de l'hydrocarbonate de cuivre insoluble et du bicarbonate de cuivre soluble.

Bouillie B. — Si, au contraire, on verse le carbonate de soude *doucement*, du gaz carbonique se dégage et la bouillie ainsi préparée renferme de l'hydrocarbonate de cuivre insoluble et du carbonate de soude en excès.

Si nous ajoutons, à la bouillie A, 1000g de savon blanc exempt de carbonate et d'alcalis et très riche en oléate de soude, la tension superficielle du mélange est telle que 5cm³ fournissent 85 gouttes (compte-gouttes donnant 66 gouttes pour l'eau distillée). Cette tension superficielle ne varie pas avec le temps.

Or il suffit d'ajouter 100g seulement du même savon, à la bouillie B, pour avoir la la même tension superficielle. Mais la tension superficielle de la bouillie B varie avec le temps; après 3 heures, on ne trouve plus que 83 gouttes.

La bouillie B additionnée de 1000g de savon donne, aussitôt sa préparation, 151 gouttes; 20 minutes après, 139; 1 heure après, 125; 3 heures après, 113; 6 heures après, 100; etc., et tend vers la limite 85 de la bouillie A.

On voit donc :

1° Que le même pouvoir mouillant peut être obtenu avec des quantités de savon de 100g ou 1000g par hecto, suivant la vitesse avec laquelle on verse le carbonate de soude ;

2° Que, pour la dose de 1000g de savon par hecto, la bouillie A a un pouvoir mouillant pratiquement nul, tandis que la bouillie B mouille déjà beaucoup mieux ;

3° Qu'il y a lieu de tenir le plus grand compte de la diminution progressive du pouvoir mouillant ; la bouillie B, contenant 1000g de savon, mouille les grappes aussitôt préparée ; elle ne les mouille plus 20 minutes après.

Des mesures directes nous ont montré que les grappes de Gamay étaient entièrement mouillées par les liquides savonneux donnant 150 gouttes par 5^{cm^3}.

Pour obtenir une tension superficielle de cet ordre, il faut ajouter à la bouillie A 8^{kg} de savon par hecto, à la bouillie B 2^{kg} seulement ; cette dernière donne, sitôt après sa préparation : 172 gouttes, 166 après 30 minutes ; 156 après 2 heures, et 150 après 6 heures ; elle ne cesse de mouiller qu'après 10 heures environ.

Les essais ci-dessus ont été faits entre 15° et 18° ; la diminution du pouvoir mouillant est accélérée par la chaleur.

Si l'on substitue, à la bouillie bourguignonne ci-dessus, une bouillie exactement neutre, la vitesse d'addition du carbonate de soude ne joue plus aucun rôle, le gaz carbonique se dégageant toujours ; mais les quantités de savon à ajouter, pour obtenir le même pouvoir mouillant, sont plus grandes que pour la bouillie B. L'augmentation de tension est en outre plus rapide.

Les compositions différentes des bouillies A et B peuvent permettre d'expliquer les divergences d'opinion au sujet de la valeur de la bouillie bourguignonne.

Nous tenons à faire remarquer que ces deux bouillies sont formées d'un liquide à faible tension superficielle, tenant en suspension un précipité d'hydrocarbonate de cuivre. La présence de ce précipité rend forcément irrégulière la répartition du cuivre sur les organes à préserver.

Nous nous sommes efforcés de remédier à cet inconvénient en préparant des solutions colloïdales de savons de cuivre, ne contenant aucun précipité, et dont le pouvoir mouillant, très grand, reste indéfiniment constant.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le suc de la levure de bière.* Note de M. E. Kayser, présentée par M. A. Müntz.

En étudiant la méthode si commode de M. Lebedeff (¹) pour se procurer du suc actif de levure, j'ai constaté que l'état de la levure, le mode de dessiccation, la proportion d'eau ajoutée à la levure et surtout la température à laquelle s'effectue la macération ont une grande importance.

A différentes reprises, en employant des levures d'origines diverses avec le saccharose, le maltose ou le glucose, afin de tenir compte de la présence de sucrase ou de maltase, j'ai obtenu des résultats négatifs, le suc était inactif. Le suc actif a toujours donné un dégagement gazeux au bout de 5, 15, 20 minutes à la température de 12° à 15°.

Les résultats suivants ont été obtenus avec la levure de la brasserie Demory. La macération à 4° procure des sucs plus actifs que celles faites à 1° ou à 25°; entre 35° et 40° les sucs étaient toujours inactifs.

L'addition de 20 pour 100 de glycérine à l'eau de macération donne des sucs moins actifs qu'avec l'eau seule, mais ce sont les sucs ainsi obtenus qui conservent le plus longtemps leur activité, en l'absence de sucre.

Lorsqu'on met du suc actif en présence de sucre, le dégagement gazeux continue plus longtemps vers 3° à 4° qu'aux températures de 25° à 30°; j'ai eu des sucs qui fermentaient ainsi pendant 3 à 4 semaines. A basse température, le suc reste clair et limpide; à température un peu élevée (22°-25°), il se trouble rapidement par suite de la précipitation de matières albuminoïdes et le dégagement gazeux s'arrête au bout de 40 à 72 heures.

L'observation microscopique *répétée* m'a montré combien la conservation de ce suc est facile à la température ordinaire, même sans l'addition d'antiseptiques. Des tubes contenant du sucre et du suc devenu inactif, mais limpide, ont pu se conserver 4 jours à 25° sans le moindre développement microbien, ce n'est que vers le huitième jour que 40 pour 100 des tubes étaient infectés. On serait tenté d'admettre la présence de substances bactéricides volatiles dont la disparition préalable permettrait le développement de microorganismes; on n'observe au microscope que des débris de matières albuminoïdes et de levures décomposées.

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, p. 49.

Il était intéressant d'étudier avec le suc l'influence de la température, celle de la nature du sucre et de sa concentration.

Influence de la température (10$^{cm^3}$ de suc additionnés de 5^g de saccharose et 0^g,2 de toluène). — Il convient d'ajouter que les tubes maintenus à 4° continuaient à fermenter après 9 jours, les autres étaient arrêtés.

Analyse après	9 jours.		6 jours.	3 jours.	3 jours.
Température	4°	4°	15°	25°	33°
Suc	aqueux	glycériné	aqueux	aqueux	aqueux
Saccharose restant	3^g,438	4^g,317	3^g,462	3^g,939	3^g,984
Saccharose disparu par jour	0,173	0,076	0,256	0,353	0,335
Proportion centésimale sous forme de sucre interverti	97,7	94,4	94,2	94,0	98,4

Influence du sucre (5$^{cm^3}$ de suc additionnés de 3^g de différents sucres avec quelques gouttes de chloroforme à 15°). — Les tubes de saccharose, de maltose, de glucose, de lévulose ont eu des additions de sucre, respectivement de 2^g, 4^g, 2^g, 1^g, le sucre ayant disparu; la durée de l'expérience a été de 8 jours.

	Sucre disparu par jour.	Proportion centésimale disparue.
	g	
Saccharose	0,075	10,6
Maltose	0,138	13,83
Glucose	0,121	16,9
Lévulose	0,033	5,72
Galactose	0,011	2,60

Le sucre a attaqué très activement le raffinose; il était resté 97 pour 100 de sucre interverti dans les tubes saccharose et maltose.

Influence de la concentration saccharine (durée 10 jours) :

	Saccharose.				
Concentration (pour 100)	40	50	60	80	100
Sucre disparu par jour en gramme	0,070	0,119	0,056	0,125	0,142

Il existe donc des maxima, comme pour la zymase de Buchner. L'addition de certains sels donne tantôt une accélération, tantôt un retard dépendant de la dose et de la nature du sel.

Lorsque l'on compare l'action du suc et d'une levure basse de brasserie, dans les mêmes conditions (sucre et température 12°-15°), on trouve que la

levure part 4 à 5 jours plus tard et que la fermentation avec elle est interminable.

25^cm³ de suc + 10^cm³ de saccharose + 0^cm³,2 de toluène ont été comparés avec 25^cm³ d'eau de touraillons à 10^g de saccharose ensemencé avec quelques gouttes de levure préalablement rajeunie.

Saccharose.	Suc (après 11 jours).	Levure (après 22 jours).
Transformé en sucre interverti..	6^g,519	7^g,652
Saccharose restant............	0,558	0,488
Transformé en alcool..........	2,705	1,931
	9,982	10,070
Alcool par jour...............	0,246	0,087

Le suc donne donc des rendements plus élevés, la levure continuait à fermenter, le suc avait fini après 11 jours.

Il est très probable que le mode opératoire à faire subir à la levure dépend à la fois de son état et de sa nature; les levures de vin devront être traitées autrement que les levures de bière. Le suc de Lebedeff est donc bien comparable à la zymase de Buchner.

ZOOLOGIE. — *Le cæcum intestinal et les glandes rectales des Lépidoptères.* Note (¹) de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'intestin postérieur des Papillons adultes se termine par une poche de volume et de forme variables, l'*ampoule rectale*, dont les parois portent un grand nombre de petits tubercules internes, hémisphériques ou fongiformes, sessiles ou pédiculés, appelés *glandes rectales*. Nous avons étudié la forme, le nombre, la disposition et la structure de ces organes chez un grand nombre de Lépidoptères appartenant aux familles suivantes : *Papilionidæ*, *Pieridæ*, *Nymphalidæ*, *Satyridæ*, *Sphingidæ*, *Arctiidæ*, *Liparidæ*, *Saturnidæ*, *Notodontidæ* et *Noctuidæ*. Dans aucun ordre de la classe des Insectes on ne trouve une aussi prodigieuse abondance de massifs glandulaires intestinaux que chez les Lépidoptères. Dans la plupart des familles de ce groupe,

(¹) Présentée dans la séance du 20 mars 1911.

le nombre des glandules rectales dépasse 200 et atteint parfois même 500 (certains Noctuides, *Brotolomia* par exemple).

Ces organes sont beaucoup moins abondants chez les autres Hexapodes : c'est ainsi que beaucoup de Diptères n'en ont que 4 et que les Hyménoptères, les Névroptères et les Orthoptères n'en possèdent que 6, etc. Les larves, sauf de très rares exceptions, ainsi que les Coléoptères en sont dépourvus. Les fonctions de ces petits bourrelets saillants dans la cavité rectale sont encore énigmatiques, bien qu'on ait émis, à leur sujet, un certain nombre d'hypothèses.

Les *glandes rectales* des Lépidoptères (*Pieris*, *Anthocharis*, etc.), vues en coupe transversale, présentent une apparence rectangulaire, cupuliforme ou parfois légèrement hémisphérique, et comprennent les mêmes assises que l'intestin terminal, avec cette différence que les cellules sont très volumineuses et présentent une structure toute différente de celle du reste de l'organe.

Chaque tubercule glandulaire comprend deux ou trois grosses cellules cubiques ou aplaties transversalement, à noyaux ovales ou allongés situés dans la région médiane ou parfois dans la partie externe de chaque élément.

Ils sont généralement entourés d'une aréole protoplasmique claire. Le cytoplasme cellulaire présente une structure striée vers la base, finement granuleuse dans la partie médiane et hyaline dans la zone interne, au-dessous de l'intima chitineuse.

Les cellules de chaque bourrelet saillant (glande) se continuent latéralement par des éléments aplatis et étroits, qui font suite à l'épithélium sinueux compris dans l'intervalle de deux glandules. Du côté interne, chaque petit massif glandulaire est recouvert par une lamelle ou intima chitineuse, relativement mince et parfois denticulée. Les cellules reposent sur une membrane basale très caractéristique. Au-dessous de cette dernière se trouve un espace comblé par du tissu conjonctif et parcouru par de nombreux filaments trachéens, dont les derniers ramuscules traversent la membrane basilaire, se mettent en contact avec les cellules et pénètrent même jusqu'aux stries protoplasmiques et dans les cloisons intercellulaires. Enfin, l'ensemble des glandes rectales est enveloppé par une couche de fibres musculaires circulaires et, tout à fait à l'extérieur, par des faisceaux de muscles longitudinaux, localisés surtout en face des dépressions interglandulaires.

En *résumé*, chaque *glande rectale* présente à considérer, en partant de l'intérieur : 1° une membrane ou intima chitineuse; 2° une assise cellulaire cupuliforme; 3° une membrane basale ou propria; 4° du tissu conjonctif et de nombreux ramuscules trachéens; 5° des faisceaux de muscles circulaires; 6° des muscles longitudinaux et une très mince membrane ou tunique péritonéale externe.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Dans les conditions normales, le chien guérit sa tuberculose mésentérique occulte expérimentale.* Note de M. **P. Chaussé**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences le 7 novembre 1910, nous avons indiqué que, soumis à des ingestions bacillaires de produits naturels ou de cultures très virulentes, le chien contracte une tuberculose mésentérique occulte restant en cet état pendant 6 mois au moins. Et nous nous demandions quel était le devenir de cette infection latente : évoluerait-elle vers une affection abdominale objectivement traduite, ou une tuberculose thoracique apparemment primitive comme le veulent les partisans de l'origine digestive de la tuberculose, ou enfin guérirait-elle par la résorption des agents pathogènes?

La solution de cette question, fort intéressante quant à la pathogénie des tuberculoses d'ingestion chez l'homme et les animaux, nécessitait des expériences davantage prolongées; nous croyons pouvoir aujourd'hui l'apporter.

Tout d'abord nous établirons que le chien contracte la tuberculose mésentérique occulte plus aisément que nous ne l'avions d'abord supposé; il est infecté par de faibles doses de bacilles humains ou bovins. Exemples :

Série I. — 4 jeunes chiens, âgés de 3 mois et demi, prennent chacun, en 6 fois, 6^{mg} de matière tuberculeuse bovine contenant en tout 18 millions et demi de bacilles, dose correspondant à environ $0^{mg},5$ de culture; tués 55 jours après tous les quatre n'ont aucune lésion apparente; leurs ganglions mésentériques inoculés *sont virulents*.

Série II. — 7 jeunes chiens âgés de 39 jours prennent chacun 6^{g} de crachats tuberculeux humains, en 6 fois, contenant environ 300 millions de bacilles. Morts ou tués de 10 à 149 jours après l'ingestion, les 7 sujets, absolument indemnes de lésions visibles, ont des ganglions mésentériques *virulents* pour le cobaye.

Ces deux séries d'expériences, prises parmi les plus typiques, nous prouvent que le chien est tuberculisé à coup sûr par les voies digestives avec des doses relativement faibles de virus. Mais que devient cette infection occulte ?

Série III. — 7 chiens, dont 6 sont âgés de 4 à 8 mois et le septième de 6 ans, ingèrent chacun en 6 fois de 30^{g} à 60^{g} des mêmes crachats tuberculeux humains utilisés dans l'expérience précédente, soit 1 milliard et demi à 3 milliards de bacilles.

5 d'entre eux meurent ou sont tués 11, 92, 95, 98 et 181 jours après les ingestions.

Ils sont indemnes de tuberculose apparente, mais leurs ganglions mésentériques *sont virulents.*

Les deux autres, âgés de 6 mois, sont sacrifiés 181 jours après l'ingestion; leurs ganglions *ne sont pas virulents.*

Série IV. — 6 chiens âgés de 7, 8, 8, 15 mois, 2 et 6 ans, prennent chacun, en 30 fois, 3kg de matière tuberculeuse bovine contenant au moins 30 milliards de bacilles.

2 d'entre eux sont tués 151-190 jours après l'ingestion; toujours indemnes de lésions, leurs ganglions mésentériques sont *infectants* pour le cobaye.

Les 4 autres sont tués 107 à 356 jours après les ingestions. Non tuberculeux à l'examen macroscopique, leurs *ganglions digestifs et pulmonaires sont dépourvus de toute virulence.*

Série V. — 6 chiens âgés de 6 mois, 7 mois, 1 an, 1 an, 3 ans et 5 ans prennent chacun, en 4 fois, 2g de culture tuberculeuse humaine (échantillon Test, très virulent de l'Institut Pasteur), dose très élevée : 80 milliards de bacilles.

3 sont tués 118, 156 et 156 jours après la dernière ingestion ; dépourvus de toute lésion apparente, leurs ganglions digestifs sont *virulents.*

Les 3 autres sont sacrifiés 370-394 jours après les ingestions ; absolument sains, leurs *ganglions abdominaux et thoraciques sont dépourvus de virulence.*

Nous attirerons l'attention sur les points suivants qui ressortent de ces expériences : sur 23 chiens morts ou sacrifiés du 10e au 181e jour inclusivement après la dernière ingestion, 21 avaient des ganglions digestifs virulents et 2 n'étaient plus infectés (181 jours) ; chez les 7 chiens sacrifiés plus de 181 jours après la dernière ingestion, ayant ingéré cependant des doses considérables des mêmes produits, les ganglions mésentériques n'étaient pas bacillaires; pour ces 7 derniers les ganglions pulmonaires étant également inoculés furent reconnus avirulents ; en outre les animaux ci-dessus ne présentaient au moment de l'autopsie, pratiquée près d'un an après l'infection, aucune localisation tuberculeuse extra-viscérale. Les bacilles absorbés par voie digestive n'ont donc pas gagné la circulation veineuse pour se fixer dans les poumons, organes de prédilection, soit dans les autres tissus.

Ces résultats sont tellements constants que nous croyons être autorisé à les interpréter de la façon suivante :

1° Le chien contracte par ingestion, même avec de faibles doses, une tuberculose mésentérique occulte décelable par inoculation au cobaye vers le 150e au 180e jour;

2° Dans les conditions normales l'organisme du chien résorbe sur place

les bacilles tuberculeux arrivés dans ses ganglions mésentériques, et cette résorption a lieu dans un délai de 180 à 200 jours au maximum;

3° Cette tuberculose digestive occulte ne conduit, dans les conditions physiologiques, ni à une tuberculose thoracique apparemment primitive, ni à aucune autre localisation spécifique de même nature.

Étant donné que les réactions organiques du chien à l'égard du virus tuberculeux sont *identiques* à celles de l'homme, il nous paraît probable que les conclusions ci-dessus sont entièrement applicables à ce dernier. Nous ne voulons point nier la possibilité de la tuberculisation par voie digestive, mais seulement établir qu'elle n'est réalisable que dans des conditions fort étroites de moindre résistance, jusqu'ici non déterminées, ou par la répétition très prolongée des ingestions virulentes.

GÉOLOGIE. — *Existence du Pontique marin dans l'île de Crète.* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Le dépôt du Miocène moyen [1] est suivi en Crète par un retrait des eaux marines, à l'époque sarmatique; puis au Pontique, la mer reprend possession des espaces abandonnés et s'étend sur des surfaces restées émergées à l'Helvétien et au Tortonien.

L'étage pontique est représenté, d'un bout à l'autre de l'île, par des calcaires à *Lithothamnium.* Ce sont tantôt des calcaires très durs, jaunâtres, en gros bancs; tantôt des calcaires grossiers et tendres avec nombreux Pectens et Clypéastres; à la base de la formation, ils englobent de nombreux fragments de roches, le plus souvent empruntés au terrain sous-jacent.

Les restes d'Algues abondent dans presque toute la masse. Elles font corps avec la pierre et figurent, sur la cassure, soit des noyaux calcaires d'apparence lithographique, soit des grains d'aspect écailleux. Quand l'état d'agrégation du dépôt est imparfait, les Algues se détachent facilement de la gangue qui les agglutine. Règle générale, elles sont de petite taille.

Aux *Lithothamnium* s'ajoutent, parfois, des organismes susceptibles de les remplacer en totalité et de former à eux seuls quelques bancs de faible extension. C'est

(1) L. Cayeux, *Le Miocène moyen de l'île de Crète* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 637).

ainsi qu'il y a lieu de distinguer, en quelques points, des calcaires à Hétérostégines, des calcaires à *Vermetus*, etc.

Enfin, on trouve, subordonnées à la formation pontique, différentes variétés de calcaire grossier, généralement de faible cohérence, dans lesquelles ces différents groupes d'organismes ont cédé la place à des Foraminifères, de taille trop exiguë pour être visibles à l'œil nu.

Dans la Crète occidentale, où l'étage atteint son plus grand développement, sa puissance s'élève au moins à 300^m.

Le système des calcaires à *Lithothamnium*, tel qu'il vient d'être caractérisé, est partout indépendant du Miocène moyen. Il est transgressif à l'ouest de l'île, où il repose sur n'importe quel terrain, antérieur au Néogène. Mais à partir du centre du bassin de Rhétymo, et notamment dans le bassin de Candie, il surmonte directement le Tortonien; c'est là qu'il témoigne le plus clairement de son indépendance par rapport aux marnes à *Ancillaria glandiformis*. Non seulement il les ravine toujours, mais il n'est pas rare qu'il remplisse de véritables chenaux, creusés dans le substratum tortonien.

De cet ensemble de faits, très brièvement exposés, il résulte que l'époque sarmatique a été témoin d'importants phénomènes d'érosion, et que la submersion contemporaine des calcaires à *Lithothamnium* pontiens a été plus générale qu'au Miocène moyen.

L'âge pontique de ces dépôts est défini par la faune de Pectinidés qu'ils renferment. Cette faune, riche en individus et pauvre en espèces, m'a fourni, entre autres formes, *Pecten vindobonensis* (*Pecten Besseri*), *P. Dunkeri*, *P. latissimus*, variété passant au *P. restitutensis*, etc. M. Depéret, qui a bien voulu déterminer mes matériaux, a conclu de leur examen que la faune de Pectens des calcaires à *Lithothamnium* ressemble beaucoup à celle du Sahélien calcaire d'Algérie, signalée par M. L. Gentil, entre Oran et Nemours ([1]). Il est à remarquer que la comparaison des terrains des deux régions fait ressortir, outre la ressemblance des faunes, reconnue par M. Depéret, l'identité de facies des dépôts représentés, de part et d'autre, par des calcaires à *Lithothamnium* (« calcaires littoraux à Mélobésies », *in* L. Gentil).

Le Miocène supérieur est surmonté, mais seulement à l'ouest de l'île, par le Plaisancien typique (« terrains subapennins », de V. Raulin). Cet étage se résout en un complexe de marnes bleues ou jaunes à *O. cochlear*, lithologiquement pareilles à celles du Tortonien de la Crète centrale et orientale,

( ) L. Gentil, *Étude géologique du Bassin de la Tafna* (*Bull. Carte géol. Algérie*, 2^e série : Stratigr., Descript. rég., n° 4, p. 239 et suiv.).

avec lesquelles elles avaient été confondues (V. Raulin), de quelques bancs calcaires exploités, de produits d'évaporation (gypse), etc. Au voisinage des massifs émergés, il se charge de débris clastiques. L'étage mesure au moins 300^m.

D'une manière générale, les rapports stratigraphiques entre le Pontique et le Plaisancien sont très difficiles à préciser. Les deux formations sont concordantes et nettement séparées, en ce sens que les marnes plaisanciennes sont transgressives et qu'elles masquent parfois les calcaires à *Lithothamnium*, à la lisière des bassins. L'individualité du système pontique, au point de vue stratigraphique, est donc aussi accusée que possible.

Les travaux de Pomel, puis de MM. Ficheur, Depéret, etc. ont établi que la faune sahélienne occupe la position de l'étage pontique. M. Depéret en a conclu que la Méditerranée avait été refoulée au Miocène supérieur « dans la partie méridionale de son bassin occidental et communiquait avec l'Océan, non par le détroit bétique qui était sûrement fermé à cette époque, mais sans doute par le détroit de Gibraltar ou par quelque autre communication plus au Sud dans le Maroc (1) ». Les récentes recherches de M. L. Gentil ont fixé ce point important de l'histoire de la Méditerranée, en démontrant que la mer devait s'ouvrir dans l'Atlantique par le Maroc (2).

La Méditerranée pontique avait une extension bien plus grande que l'état de nos connaissances ne permettait de le supposer. Loin d'être limitée à la partie méridionale de son bassin occidental, elle s'étendait depuis l'Atlantique jusqu'à la Méditerranée orientale comprise. Les faits résumés dans cette Note ne laissent aucun doute à ce sujet. A la vérité, le bassin méditerranéen subit, sur toute sa longueur durant le Pontique, soit un déversement, soit un resserrement considérable vers le Sud.

La fosse sud-égéenne, inaugurée dès l'Helvétien, se maintient à la fin du Miocène, quand la mer abandonne l'Europe, et nous avons vu plus haut qu'elle continue à exister au Pliocène. Les intercalations marines à *Cerithium vulgatum*, *Pecten benedictus*, *Spondilus gaederopus*, etc., signalées par

---

(1) CH. DEPÉRET, *Observations à propos de la Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires*, par MM. Munier-Chalmas et de Lapparent (*B. S. G. Fr.*, 3e s., t. XXIII, 1895, p. XXXV).

(2) L. GENTIL, *Sur la formation du détroit sud-rifain* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 415).

A. Gaudry dans les limons rouges à *Hipparion* de l'Attique, se reliaient, vraisemblablement à l'origine, aux dépôts marins qui s'accumulaient sans interruption dans cette fosse, à l'époque pontique.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Détermination précise de la salinité des eaux de mer par la mesure de l'indice de réfraction.* Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

La détermination, à bord même du navire, de la salinité des eaux de mer n'est possible que par l'intermédiaire de la densité, et celle-ci même ne peut se déterminer à bord que par l'emploi de l'aréomètre, l'emploi de la balance de précision étant impossible à la mer. Cela suppose une relation exacte et connue entre la salinité et le poids spécifique.

Depuis longtemps déjà on avait pensé à utiliser, pour la détermination de la salinité d'une eau de mer, la mesure de son indice de réfraction; dans ces dernières années on a utilisé quelquefois, pour ce faire, les réfractomètres à réflexion totale, du type de ceux du Dr Pulfrich ou du Dr Abbe. Ces instruments sont basés sur le pointage de la ligne de séparation entre une zone de lumière et une zone d'ombre.

J'ai pensé qu'on pourrait avoir une précision au moins aussi grande, avec un pointé plus aisé, en utilisant, non pas le phénomène de la réflexion totale, mais celui de la déviation d'un rayon de lumière simple par le prisme. Lorsque l'angle réfringent d'un prisme est petit, la déviation Δ du rayon lumineux est reliée à l'indice de réfraction n et à l'angle du prisme A par la relation simple :

$$\Delta = (n - 1) A.$$

M. Ch. Féry a construit sur ce principe un réfractomètre aussi simple que précis, aujourd'hui très employé dans l'industrie.

J'ai pensé qu'on pouvait améliorer encore cet instrument, déjà excellent, en augmentant la précision de ses lectures.

J'ai, à cet effet, substitué à la division sur maillechort une division sur argent, j'ai supprimé le vernier et je l'ai remplacé par un microscope dont l'oculaire est muni d'une vis microcentrique à tambour, commandant un fil mobile. Le point de la position correspondant à la mesure se fait en amenant l'image d'un fil vertical, éclairée par la lumière d'une lampe à sodium et envoyée par un collimateur, à bissecter un réticule en croix de Saint-André placé dans l'oculaire de la lunette. Je me suis assuré que ce pointé se faisait à une ou deux divisions près du tambour du microscope. Une division de ce tambour vaut, en fonction de son indice, $0^n,0000005479$. Pour amener la bissection de la croix de Saint-André par le fil vertical, on manœuvre un bouton qui com-

mande le déplacement du prisme à faces lenticulaires. L'instrument ainsi modifié donne la cinquième décimale de l'indice.

En possession de cet appareil, j'ai fait une série de recherches sur la légitimité de la méthode. J'ai d'abord préparé des eaux de mer artificielles, solutions de $NaCl$ dans l'eau soigneusement distillée, et de salinités allant en croissant de 5 en 5 millièmes, entre 0 et 45 millièmes. Voici les valeurs des indices obtenus pour ces solutions :

Salinités.	Indices.
0,005	1,333804
0,010	1,33453
0,015	1,33536
0,020	1,33622
0,025	1,33712
0,030	1,33789
0,035	1,33875
0,040	1,33968
0,045	1,34050

Les résultats, traduits graphiquement, donnent une ligne droite : pour l'obtenir j'ai réuni, par un tracé à la règle, les deux points extrêmes, et la ligne ainsi tracée passe par tous les points intermédiaires, aux écarts près, très faibles d'ailleurs, correspondant aux erreurs d'expériences. Température : 16°.

Ces expériences sur des eaux artificielles m'ayant donné satisfaction, j'ai opéré ensuite sur de l'eau de mer naturelle : j'ai pris à cet effet de l'eau de mer de Monaco, provenant de la station d'expériences n° 2, la plus au large, et j'ai mesuré successivement l'indice de cette eau pure, puis diluée de façon à en ramener la salinité à la moitié, puis au quart de sa valeur primitive. Voici les résultats obtenus :

Salinités.	Indices.
N	1,33929
$\frac{1}{2}$ N	1,33576
$\frac{1}{4}$ N	1,33400

la température était de 22°,7.

Ici encore, les résultats se traduisent graphiquement par une ligne droite.

La constance des résultats nous met donc en possession d'une méthode

simple et sûre, et d'un bon instrument pour déterminer, à bord même du navire de recherches, la salinité des échantillons d'eau au moment même où ils viennent d'être recueillis, avec une précision au moins égale à celle des meilleurs aéromètres maniés par des observateurs très exercés. J'ajouterai que la rapidité de l'opération est maxima, une mesure n'exigeant qu'un pointé et qu'une lecture. Un autre avantage de la méthode est de n'exiger que quelques centimètres cubes de l'eau à étudier.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 3 avril 1911.

Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association géodésique internationale en 1910 *et programme des travaux pour l'exercice* 1911. Leyde, E.-J. Brill, 1911; 1 fasc. in-4°.

Carte aéronautique, dressée, gravée et publiée par le Service géographique de l'Armée; échelle $\frac{1}{200000}$: Chalons. 1 feuille in-plano, en couleurs. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Aéro-Club de France. *Carte de la France à l'échelle de* 1 : 200000, *dressée par la Commission de Cartographie de l'Aéro-Club de France, d'après le projet du commandant* Talon. [Feuille de Versailles, Étampes, Chartres, Rambouillet.] Paris, Ed. Blondel la Rougeri, 1911; 1 feuille in-plano. Exemplaire n° 47. (Cette première *Carte aéronautique* a été achevée d'imprimer le 15 mars et ce tirage spécial a été limité à cent exemplaires.) (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Météorologie agricole et prévision du temps, par Paul Klein; *Introduction*, par P. Regnard, Directeur de l'Institut national agronomique, avec 147 figures intercalées dans le texte. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1911; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Müntz.)

Bulletin de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), nos 196-201. 10 février-20 mars 1911. Monaco; 7 fasc. in-8°.

Biologica, revue scientifique du médecin. Direction scientifique : R. Blanchard, A. Calmette, Yves Delage, A. Gautier, J. Grasset; Secrétaire de la Rédaction : L. Laloy; 1re année, nos 1-3, 15 janvier-15 mars 1911. Paris, A. Pointat; 3 fasc. in-4°.

Mémoires de la Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; 3e série, t. XLVII, année 1910. Troyes, Paul Nouel; 1 vol. in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon : Sciences et Lettres, 3e série, t. XI. Paris, J.-B. Baillière et fils; Lyon, A. Rey et Cie, 1911; 1 vol. in-4°.

Catalogue de la bibliothèque de la Société d'Histoire naturelle de Colmar, dressé par M. Faudel, Secrétaire général de la Société, complété par M. C. Méquillet, Bibliothécaire; 3e édition, mise au point par M. E. Rodé, Sous-Bibliothécaire. Colmar, Decker, 1910; 1 vol. in-8°.

Archives des Sciences biologiques publiées par l'Institut impérial de Médecine

expérimentale à Saint-Pétersbourg; t. XVI, n° 1. Saint-Pétersbourg, 1911; 1 fasc. in-4°.

La Critica medica; t. I, n° 1, Milan, s. d. [1911]; 1 fasc. in-8°.

The Journal of tropical veterinary Science; t. IV, n° 1, 1911; published for the Indian civil veterinary Department. Calcutta, Thacker, Spink et Cie; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AVRIL 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques la séance du lundi 17 avril est renvoyée au mardi 18.

M. G. **Darboux**, Président du Conseil d'administration du Bureau central météorologique, fait hommage à l'Académie de trois fascicules des *Annales* publiées par M. Angot. (1906, I : Mémoires; 1908, II : Observations; 1908, III : Pluies.)

PHYSIQUE. — *Sur l'action intercathodique dans un champ magnétique uniforme.* Note de M. **Gouy**.

1. J'ai déjà indiqué brièvement que le mode de décharge nommé action intercathodique peut s'expliquer par la *capture des électrons*, assujettis à osciller le long des lignes de force magnétique, sans presque pouvoir en sortir, et s'accumulant ainsi en produisant une abondante ionisation (¹). Je me propose ici de développer cette explication, par laquelle ces phénomènes sont rattachés aux idées courantes sur la décharge dans les gaz raréfiés.

L'expérience a montré que l'action intercathodique se produit, aux vides élevés, quand des charges négatives sont reliées, ou près de l'être, par des lignes de force magnétique (²). Cette condition peut être remplacée par

(¹) *Comptes rendus*, 5 décembre 1910.
(²) *Comptes rendus*, 20 juin 1910.

une autre qui lui est équivalente : c'est qu'il y ait un *maximum de potentiel électrique sur le parcours des électrons.*

Considérons en effet deux cathodes, qui ne sont pas nécessairement au même potentiel, et sur elles deux points A et B portant des charges négatives, et reliés à travers le gaz par une ligne de force magnétique L.

D'après le théorème de Coulomb, aux points A et B, la composante φ du champ électrique suivant cette ligne est dirigée vers l'intérieur des cathodes; il y a donc sur L entre A et B un point O où le potentiel électrique est maximum ([1]). Il en serait de même si l'une des cathodes était produite par une forte couche négative apportée par les rayons magnéto-cathodiques sur la paroi de verre de l'ampoule (cathode secondaire).

2. Supposons d'abord que nos deux cathodes soient au même potentiel. Examinons quel est le mouvement d'un électron qui part sans vitesse de l'une d'elles, en s'enroulant autour de la ligne L, le champ magnétique étant supposé assez fort pour que cet enroulement soit de petit diamètre. Faisons maintenant abstraction pour un moment des composantes du champ électrique autres que φ. L'accélération suivant L du mouvement de l'électron est sensiblement la même que s'il suivait exactement cette ligne; il se rapproche donc du point O d'un mouvement accéléré, le dépasse et arrive sans vitesse à l'autre cathode ([2]), puis revient à la première et exécute ainsi des oscillations le long de L, jusqu'à ce qu'une collision vienne troubler son mouvement.

Si sa vitesse est diminuée, il oscille encore sur L autour du point O comme position d'équilibre, mais sans revenir jusqu'aux deux cathodes; il en est de même pour les électrons qui sont mis en liberté le long de L par des collisions. Le mouvement oscillatoire continue jusqu'à ce que l'électron disparaisse de la scène, soit qu'une molécule ou un ion se l'assimile, soit qu'il finisse, de collision en collision, par obéir peu à peu au champ électrique qui tend à l'amener à l'anode.

Revenons aux composantes autres que φ, qui produisent, comme on sait, une dérive perpendiculaire aux deux champs (c'est-à-dire à potentiel électrique constant) du petit cercle décrit par l'électron. De ce fait sa trajec-

---

([1]) Exceptionnellement, il peut y avoir sur L plusieurs points de ce genre, mais pour ne pas compliquer l'exposé, nous en ferons abstraction; il sera facile d'y suppléer.

([2]) Nous faisons l'hypothèse qu'à ce moment l'électron n'est pas retenu par la cathode.

toire hélicoïdale est infléchie et courbée, mais sans s'éloigner du faisceau dont elle fait partie.

Le plus souvent du reste ces composantes sont faibles, les cathodes étant alignées suivant le champ magnétique.

3. Ainsi les électrons émis par les cathodes sont retenus captifs dans le faisceau intercathodique, et ne peuvent s'échapper que grâce à des collisions. Celles-ci auront lieu presque uniquement avec les molécules, si le courant est assez faible pour que les électrons et les ions soient relativement rares. Aux vides extrêmes, un électron, au lieu de s'absorber dans l'anode, encore inutilisé et sans avoir rencontré de molécules, comme cela a lieu le plus souvent dans les conditions ordinaires, ne disparaîtra pas ici sans avoir éprouvé une ou plusieurs collisions, productrices probablement d'ions positifs. D'après ce qu'on sait sur l'afflux cathodique, ce sont ces ions qui, obéissant au champ électrique et se précipitant sur la cathode, déterminent par leur choc l'émission des électrons, en d'autant plus grande abondance que le choc est plus violent (1).

Dans les conditions ordinaires, aux vides extrêmes, l'augmentation du voltage de l'ampoule est nécessaire pour que le choc des ions positifs ait une efficacité moyenne suffisante pour compenser leur rareté, qui résulte ellemême de la rareté des collisions entre électrons et molécules. Cette augmentation de voltage n'a plus la même raison de se produire, quand il y a action intercathodique, puisque les collisions sont presque aussi nombreuses qu'aux vides moins élevés. Aussi observe-t-on des décharges qui passent avec 500 volts dans des ampoules où il n'y a guère que de la vapeur de mercure, et où, d'ordinaire, il faudrait un voltage 100 fois plus fort pour entretenir le courant (2).

4. Si la ligne de force L partie d'une cathode, ne rencontre pas l'autre, mais passe dans son voisinage, ou bien si l'une des cathodes est une cathode secondaire, ou une cathode auxiliaire de voltage réduit, le maximum O de potentiel sur la ligne L n'existe pas moins, mais la chute du potentiel est plus petite du côté opposé à la cathode principale. Par suite, les électrons

(1) Il n'est question ici que des cathodes froides, et non de celles qui émettent des électrons, grâce à leur haute température et à bas voltage.

(2) Les raisonnements qui précèdent seraient en défaut si la cathode avait des dimensions très petites; aussi observe-t-on qu'avec de telles cathodes (par exemple un fil de $0^{mm},4$ sur 1^{mm}) l'action intercathodique est bien diminuée.

issus de cette cathode n'oscillent plus autour du point O, mais vont jusqu'au bout de leur parcours. Seuls ceux d'entre eux dont la vitesse a été réduite, ou ceux qui ont été émis par l'autre cathode, ou ceux qui ont été mis en liberté dans le gaz non loin du point O, oscillent comme dans le cas précédent. Le mécanisme de l'action intercathodique reste le même, mais son efficacité est diminuée, quoiqu'encore considérable aux vides extrêmes.

5. A l'appui de cette explication, qui laisse à préciser bien des détails, je citerai quelques expériences :

a. Une des cathodes est formée d'un cylindre ouvert aux deux bouts. Le faisceau magnéto-cathodique émis par l'autre cathode (boule), passe par son axe sans toucher le cylindre; il y a même action intercathodique que d'ordinaire.

b. Un écran de métal relié à l'enceinte-anode, placé entre deux cathodes et percé d'une ouverture, juste suffisante pour laisser passer le faisceau, augmente l'action en favorisant le maximum de potentiel au point O.

c. Si, dans cette expérience, les cathodes sont deux larges plaques parallèles à l'écran, la seule portion agissante de leur surface, aux vides extrêmes, est la section du tube de force magnétique passant par l'ouverture (1).

d. Dans l'expérience (*b*), une toile métallique substituée à l'écran empêche l'action, en arrêtant les électrons dans leur va-et-vient.

e. Le phénomène normal exige qu'il y ait entre les cathodes un intervalle suffisant, et croissant avec leurs dimensions. Quand elles sont trop rapprochées, l'action est diminuée, et, au lieu d'un faisceau cylindrique, la lumière intercathodique forme une couronne ou un disque, mettant ainsi en évidence une perturbation.

f. Lorsque le champ dépasse 500 gauss, ses variations ne produisent, dans les conditions normales, que des effets secondaires, dont le sens et la grandeur dépendent du courant et des autres conditions de l'expérience.

CORRESPONDANCE.

M. **J.-J. Thomson**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

---

(1) Cette observation montre que l'afflux cathodique provient du faisceau intercathodique.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui faire connaître ceux de ses Membres qui voudraient se rendre, en qualité de délégués de son Département, au Congrès international de Chimie appliquée qui se tiendra, à Washington et à New-York, en septembre 1912.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à une place d'Astronome titulaire vacante, à l'Observatoire de Paris, par le décès de M. *Leveau*.

(Renvoi à une Commission composée de MM. les Membres des Sections de Géométrie, d'Astronomie, de Géographie et Navigation et du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle, vacante par le décès de M. *Gréhant*.

(Renvoi aux Sections d'Anatomie et Zoologie et de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Associazione internazionale delle Accademie. *Relazione delle adunanze tenute in Roma dall' Associazione delle Accademie nei giorni* 9-15 *maggio* 1910 *nella sede della R. Accademia dei Lincei.*

2° *Legs fait à l'Académie des Sciences*, par M. A.-T. Loutreuil.

3° Le Tome V des *Mathematical and physical Papers* de Lord Kelvin.

4° *Contribution à l'étude des relations existant entre les circulations atmosphériques, l'électricité atmosphérique et le magnétisme terrestre*, par Alfred Vialay. (Présenté par M. G. Lemoine.)

5° Le fascicule du *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, consacré à la *Bibliographie de l'évolution*. (Présenté par M. Yves Delage.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption et la diffusion de la lumière par les météorites de l'espace intersidéral.* Note de M. SALET, présentée par M. Maurice Hamy.

M. Pearson a calculé jusqu'à la septième grandeur stellaire la *standard deviation*, c'est-à-dire la racine carrée de la moyenne des carrés des différences qui existent entre les grandeurs des étoiles supérieures à une grandeur limite m_0 et la moyenne de ces grandeurs. On constate que la *standard deviation* augmente avec m_0, contrairement à ce qui aurait lieu si les étoiles étaient distribuées au hasard dans l'espace. Nous avons calculé la valeur de la *standard deviation* quand on suppose que la distribution des étoiles est réellement uniforme, mais que l'espace est un milieu absorbant. Les différences trouvées par M. Pearson s'expliquent bien en prenant un coefficient de l'ordre de 3.10^{-16} à 4.10^{-16}, l'unité de longueur étant le kilomètre et la distance moyenne des étoiles de deuxième grandeur $2,5.10^{14}$. M. Turner avait déjà remarqué que la variation apparente du nombre des étoiles avec la distance d'après M. Kapteyn pouvait s'expliquer par une absorption.

Nous avons fait remarquer qu'il est naturel d'expliquer cette absorption par la présence dans l'espace intersidéral des météorites dont l'existence nous est révélée par les étoiles filantes. On estime généralement que le nombre de ces météorites, tant visuelles que télescopiques, reçues annuellement par la Terre, dépasse 10^{11} et que leur masse est de l'ordre du gramme. Si ces météorites ne forment pas un courant se déplaçant avec le Soleil, on peut calculer leur nombre n par unité de volume dans l'espace intersidéral; n est de l'ordre de 10^{-6}. Le coefficient d'absorption vaut $b = n\pi r^2$, r étant le rayon moyen des météorites; il est de l'ordre de 10^{-17}, c'est-à-dire sensiblement égal à celui que nous avons déduit des travaux de M. Pearson, étant donnée l'incertitude de nos données.

Si l'on calcule avec cette dernière valeur de b la lumière totale des étoiles supposées distribuées uniformément dans tout l'espace, on trouve une valeur 6 à 7 fois plus petite que la lumière totale du ciel L d'après les travaux de Newcomb, Burns et Fabry et qui vaut environ 2.10^{-8} de la lumière du Soleil. Ce fait, qui semble d'abord contraire à notre théorie, s'explique par la diffusion de la lumière par les météorites. En admettant que leur albedo est environ 0,2, on trouve que la lumière solaire diffusée par les météorites vaut environ $0,7 10^{-8}$ de la lumière du Soleil, pour la demi-sphère visible la nuit. La lumière des étoiles diffusée par toutes les

météorites de l'espace vaut environ 0,2 L. On trouve alors que l'éclat du ciel étoilé doit bien être, comme on l'a trouvé effectivement, 6 à 7 fois plus grand que la lumière totale des étoiles.

Il est donc possible que l'apparence du ciel étoilé ne soit pas due à une variation du nombre des étoiles avec la distance, mais à l'absorption et à la diffusion de la lumière par les météorites.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Application des interférences à l'étude des nébuleuses.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. P. Villard.

L'emploi des méthodes interférentielles est particulièrement commode lorsque la source de lumière émet un petit nombre de radiations monochromatiques. Nous avons essayé d'appliquer notre méthode à l'étude des nébuleuses gazeuses, dont le spectre est formé de lignes peu nombreuses.

L'appareil interférentiel est une lame d'air à faces parallèles, comprise entre deux surfaces planes recouvertes d'une mince couche d'argent. Les franges produites sont des anneaux localisés à l'infini. L'appareil d'observation, visuel ou photographique, doit donner une image nette de ces anneaux; il est désirable qu'il n'y ait pas mélange des radiations émises par les divers points de l'astre, et que, par suite, l'image nette de la nébuleuse se fasse dans le même plan que celle des anneaux. La manière la plus simple d'arriver à ce résultat serait de placer l'appareil interférentiel en avant de tout appareil d'observation; mais on serait limité, pour le diamètre de l'objectif, par la largeur de la lame argentée, et de plus, le diamètre apparent des anneaux serait trop grand par rapport à celui de la nébuleuse. Le dispositif suivant supprime ces deux difficultés.

A la suite d'une lunette, mise au point sur la nébuleuse pour un œil visant à l'infini, et formant par suite un système afocal, on place l'appareil interférentiel, et l'on regarde à travers celui-ci. Si l'œil accommode à l'infini, il verra avec netteté l'image de la nébuleuse sur laquelle se projetteront les anneaux. On n'utilise plus qu'une faible surface des lames argentées, à peine supérieure à celle de l'anneau oculaire; le diamètre apparent des anneaux n'est pas changé, tandis que celui de la nébuleuse est multiplié par le grossissement de la lunette. Pour l'observation photographique, la lumière qui a traversé l'ensemble précédent est reprise par un objectif de court foyer, dans le plan focal duquel se superposent l'image réelle de la

nébuleuse et celle des anneaux. On peut enfin examiner visuellement cette image avec un oculaire.

Nous avons pu réaliser ce dispositif au moyen de l'équatorial de l'Observatoire de Marseille. Son objectif a 26^{cm} de diamètre et $3^{m},10$ de distance focale. Ayant enlevé le dispositif oculaire de la lunette, nous l'avons remplacé par l'ensemble suivant : un oculaire à deux verres formant un système de 4^{cm} de foyer, suivi par l'appareil interférentiel puis par un objectif de microscope ayant une distance focale de 4^{cm}. Pour l'observation microscopique, la plaque est placée dans le plan focal de ce dernier objectif; l'image de la nébuleuse y a la même dimension qu'elle aurait dans le plan focal du grand objectif. Pour l'observation visuelle on regarde l'image réelle des anneaux et de la nébuleuse au moyen d'un second oculaire ayant $2^{cm},5$ de foyer; la nébuleuse est vue avec un grossissement de 120, et les anneaux avec un grossissement de $1^{cm},6$. Toutes les ouvertures libres sont telles qu'il n'y ait aucune perte de lumière.

Nous avons examiné seulement la nébuleuse d'Orion. Par observation visuelle, nous avons constaté sans difficulté l'existence d'anneaux d'interférence en employant successivement des différences de marche de $0^{mm},6$, 2^{mm} et 5^{mm}. Les anneaux ainsi observés sont dus à la radiation 5007 qui est la plus intense des radiations visibles du spectre de cette nébuleuse.

Nous avons fait un essai d'observation photographique sur l'ensemble des radiations émises par la nébuleuse, sans interposition d'écran absorbant, sur plaque Σ Lumière. La différence de marche étant de $0^{mm},6$ et la durée de pose d'une heure et quart, nous avons obtenu des anneaux parfaitement nets. L'objectif de l'équatorial est achromatisé pour les radiations visibles : quoique nous en ayons modifié le tirage, les images de la nébuleuse et des étoiles sont très mauvaises. Cela n'influe d'ailleurs pas sur la netteté des anneaux, qui sont toutefois en partie masqués par les images élargies des étoiles. Ce sont les radiations 4341 de l'hydrogène et 3727 d'origine inconnue qui produisent les anneaux photographiés.

Ces premiers essais n'avaient d'autre but que de montrer la possibilité d'appliquer notre méthode. Nous espérons pouvoir l'employer avec des instruments plus puissants et mieux appropriés, en particulier avec un télescope à réflexion, exempt par suite de tout défaut d'achromatisme. L'emploi de cette méthode pourrait conduire à quelques résultats intéressants. Il serait facile de mesurer avec une grande précision les longueurs d'onde des diverses radiations, et d'en conclure, en utilisant les raies de l'hydrogène, la vitesse radiale de l'astre. Les variations de longueur d'onde d'un point à un autre feraient connaître le mouvement de circulation des

gaz. La détermination des limites d'interférence donnerait la largeur des diverses raies; une indication sur la température serait fournie par la largeur des raies de l'hydrogène, tandis que la largeur des raies dont l'origine est inconnue donnerait un renseignement sur le poids atomique du gaz qui les produit.

Ces essais ont pu être poursuivis, grâce à l'obligeance de M. H. Bourget, directeur de l'Observatoire de Marseille, qui a bien voulu nous permettre d'utiliser l'équatorial de cet Observatoire et nous aider personnellement dans l'emploi de cet instrument.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des volumes pris pour paramètres de points, de droites et de plans, d'après une méthode appuyée par M. Darboux sur la théorie des moments d'inertie.* Note de M. **A. Buhl**.

Soient Σ un contour fermé, S une cloison quelconque, mais bien déterminée, jetée sur Σ; D une droite de cosinus directeurs λ, μ, ν issue de l'origine et Π un plan normal à D contenant aussi O.

Dans une Note précédente (20 février), j'ai établi que le volume cylindrique défini par S et par Π avait pour expression

$$U = \lambda^2 U_x + \mu^2 U_y + \nu^2 U_z + \mu\nu(A_y\zeta_y + A_z\eta_z) + \nu\lambda(A_z\xi_z + A_x\zeta_x) + \lambda\mu(A_x\eta_x + A_y\xi_y).$$

De même, pour le volume conoïdal W défini par S et par D, on a

$$W = \lambda^2 W_x + \mu^2 W_y + \nu^2 W_z - \frac{\mu\nu}{2}(A_y\zeta_y + A_z\eta_z) - \frac{\nu\lambda}{2}(A_z\xi_z + A_x\zeta_x) - \frac{\lambda\mu}{2}(A_x\eta_x + A_y\xi_y),$$

W_x, W_y, W_z étant les volumes conoïdaux définis par S et les axes coordonnés et toutes les autres notations étant celles de la Note du 20 février.

W, comme U, résulte de transformations appuyées sur la formule de Stokes. De même, on trouve facilement que

$$(1) \qquad 2W_x = U_y + U_z, \qquad 2W_y = U_z + U_x, \qquad 2W_z = U_x + U_y.$$

Supposons maintenant que l'origine soit remplacée par un point de coordonnées a, b, c, par lequel passeront Π et D dirigés comme précédemment. Les formules donnant U et W deviennent

$$(2) \qquad U_{0,0,0}^{\lambda,\mu,\nu} - U_{a,b,c}^{\lambda,\mu,\nu} = (\lambda A_x + \mu A_y + \nu A_z)(\lambda a + \mu b + \nu c),$$

$$(3) \qquad 2(W_{0,0,0}^{\lambda,\mu,\nu} - W_{a,b,c}^{\lambda,\mu,\nu}) = \begin{vmatrix} A_x & A_y & A_z \\ \lambda & \mu & \nu \\ L & M & N \end{vmatrix},$$

si

$$L = b\nu - c\mu, \qquad M = c\lambda - a\nu, \qquad N = a\mu - b\lambda,$$

c'est-à-dire si λ, μ, ν, L, M, N sont des coordonnées pluckériennes pour D.

Enfin, quant au volume conique défini par S comme base gauche et par (a, b, c) comme sommet, on a

$$(4) \qquad 3V_{0,0,0} = U_x + U_y + U_z,$$

$$(5) \qquad 3(V_{0,0,0} - V_{a,b,c}) = aA_x + bA_y + cA_z.$$

La cloison S étant toujours invariable, appelons *paramètre d'un point* le triple du volume conique relatif à ce point, *paramètre d'une droite* le double du volume conoïdal relatif à cette droite, *paramètre d'un plan* le volume cylindrique relatif à ce plan.

Associons de plus au contour Σ le *vecteur aréolaire* de M. G. Kœnigs, vecteur dont les projections sur les axes sont mesurées par les aires A_x, A_y, A_z enfermées dans les projections de Σ sur les plans coordonnés.

Alors les formules (5), (3), (2), où l'on peut faire $b = c = 0$, conduisent au théorème suivant :

La différence des paramètres de deux points, ou de deux droites parallèles, ou de deux plans parallèles, est égale à leur distance multipliée par la projection sur cette distance du vecteur aréolaire de Σ.

Les formules (4) et (1) expriment que *le paramètre d'un point est la somme des paramètres relatifs à trois plans rectangulaires passant par ce point* et que *le paramètre d'une droite est la somme des paramètres relatifs à deux plans rectangulaires passant par cette droite.*

Ces deux derniers théorèmes sont complètement identiques à ceux qu'on obtient pour les moments d'inertie.

C'est alors qu'on peut poursuivre l'analogie et obtenir pour les plans, les droites et les points de paramètre constant des résultats comparables à ceux obtenus par M. Darboux dans la Note qui termine le Tome II de la *Mécanique* de Despeyrous. Seulement, alors que M. Darboux obtient des quadriques homofocales centrées sur le centre de gravité d'un solide, j'obtiens des paraboloïdes homofocaux dont l'élément remarquable est l'axe, *ce dernier étant axe aréolaire du contour* Σ.

Je ne puis ici qu'indiquer les plus essentiels de mes résultats.

Les plans Π de même paramètre passant par un point enveloppent des cônes homofocaux; les droites D correspondantes ont pour lieu des cônes homocycliques.

Les plans quelconques de même paramètre enveloppent des paraboloïdes homofocaux dont l'axe est axe aréolaire de Σ.

Les droites de même paramètre forment au complexe quadratique; chacune est l'arête d'un dièdre rectangle dont les faces sont tangentes à un ou deux des paraboloïdes précédents.

L'équation pluckérienne dudit complexe est (3) où l'on fait $W_{a,b,c}^{\lambda,\mu,\nu} = \text{const.}$

Les points de même paramètre forment un plan; chacun est le sommet d'un trièdre trirectangle dont les faces sont tangentes à un, deux ou trois des paraboloïdes de la famille orthogonale considérée.

Remarque sur la Note précédente, par M. **Darboux**.

Supposons qu'on attache au plan défini en coordonnées rectangulaires par l'équation

$$ux + vy + wz + p = 0,$$

le paramètre k défini par la formule

$$(1) \qquad k = \frac{\varphi(u, v, w, p)}{u^2 + v^2 + w^2},$$

où φ est un polynome homogène *quelconque* du second degré; il est aisé de voir que la somme des paramètres de deux plans rectangulaires ne varie pas quand les plans tournent autour de leur droite d'intersection. Cette somme constitue donc un paramètre attaché à la droite et ne dépendant que de ses coordonnées pluckériennes.

De même la somme des paramètres de trois plans rectangulaires ne varie pas quand les trois plans tournent autour de leur point d'intersection. Elle constitue donc un paramètre attaché au point et ne dépend que de ses coordonnées.

Si j'ajoute qu'on peut retrouver l'expression générale définie par la formule (1), et d'une infinité de manières, en prenant le moment d'inertie par rapport à un plan de l'ensemble de quatre points, auxquels on attribue des masses convenablement choisies, ceci suffit à expliquer l'analogie des résultats obtenus par M. Buhl avec ceux que j'ai donnés autrefois. Je me bornerai à remarquer que ces résultats subsisteraient si l'on attribuait une densité variable aux différentes parties de la section S, et que les éléments des intégrales considérées par M. Buhl s'obtiennent en prenant les moments d'inertie de deux points infiniment voisins dont les masses sont égales et de signes contraires.

GÉODÉSIE. — *Mesure des angles géodésiques par la méthode de la répétition. Constitution d'un appareil d'étude. Résultat des mesures.* Note [1] de M. **André Broca**, présentée par M. Bassot.

Dans une Note précédente j'ai indiqué les principes de construction d'axes assez stables pour permettre la mesure des angles par répétition. Il fallait, pour étudier la précision possible, s'affranchir des défauts venant de la lunette; il fallait une lunette très puissante pour permettre d'excellents pointés, et sans flexion. La lunette avait 18^{cm} d'ouverture et $2^{m},10$ de foyer avec un excellent micromètre. Elle fut installée sur deux piliers de maçonnerie au moyen d'un solide banc d'optique qui la soutenait sur toute sa longueur. Elle servait à viser des images envoyées par un miroir plan de même ouverture, qui était porté par l'appareil répétiteur. Le miroir ne tourne que de la moitié de l'angle; mais ses faibles dimensions, son faible poids et sa symétrie parfaite éliminent les erreurs dues aux flexions et aux dilatations irrégulières.

L'emploi du miroir présente un inconvénient; il y a une relation compliquée entre l'angle mesuré par rotation autour d'un axe vertical et l'angle véritable, quand l'angle de site des mires est notable; la véritable méthode consisterait à mesurer l'angle dans son plan, mais il faudrait pour cela un appareil spécial. Dans mes mesures, cela n'avait aucun inconvénient, car mon seul but a été d'étudier la précision de la méthode.

La lunette étant absolument immobile, les pointés se faisaient en divers points du fil vertical du réticule. Celui-ci était maintenu aussi rigoureusement vertical que possible au moyen d'un niveau de précision. L'axe du miroir était également réglé vertical.

Le miroir était porté par un pilier distinct du pilier de la lunette; cela rendait l'appareil très coûteux d'installation et encombrant, et avait de plus l'inconvénient de rendre indépendants l'axe de rotation du miroir et le fil vertical de pointé, qui doivent être parallèles. Nous avons donné tous nos soins au réglage de ce parallélisme.

Le miroir était porté par un appareil comprenant deux axes de théodolite dans le prolongement l'un de l'autre. La base était celle du grand altazimut de Brunner, du Service géographique, modifié comme il a été dit en ce qui concerne l'axe, et privé de sa lunette et du cercle vertical. Sur la

[1] Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

partie supérieure était posé, par trois vis calantes engagées dans trois rainures, un petit pied de théodolite qui portait le miroir. Les axes des deux théodolites étaient déterminés, comme il a été dit dans une Note précédente, par l'appui discontinu de deux rayures en relief sur un axe plein.

De la sorte l'alidade porte-microscopes était solidaire de l'axe particulier au miroir et l'on pouvait faire tourner celui-ci soit indépendamment des microscopes autour de l'axe supérieur, soit solidairement avec ceux-ci autour de l'axe inférieur.

Le limbe était fixe, contrairement à ce qui a été fait en général dans les instruments répétiteurs, et une opération était conduite de la manière suivante : le mouvement autour de l'axe inférieur étant arrêté, et les microscopes lus, on amenait le pointé sur la première mire en tournant le miroir autour de son axe supérieur, dont on réalisait la fixation parfaite avant d'achever le pointé au fil mobile de la lunette, puis l'ensemble microscopes et miroir était tourné de manière à amener le pointé sur la deuxième mire, la fixation de l'axe inférieur étant réalisée avant d'achever le pointé au fil mobile. On recommençait alors les opérations sans lire les microscopes; ceux-ci étaient lus seulement à la fin de l'opération, quand on avait réalisé le nombre de répétitions voulu.

Le parallélisme des deux axes de rotation était réalisé d'abord au niveau, puis à la lunette, en amenant l'image d'une même mire à se faire toujours à la même hauteur dans le champ, quelle que fût la position relative du miroir et de l'alidade porte-microscopes.

Nous ne nous sommes servi, pour les mesures, que de la partie centrale du champ de la lunette.

En dehors du centre du champ, il y avait une petite erreur de parallaxe due à la courbure, et celle-ci pouvait atteindre une seconde aux bords.

Les mires étaient constituées par des triangles blancs sur fond noir, à bissectrice verticale; le pointé dans ces conditions se fait très bien, sans hésitation sur la manière de prendre la mire; quand les piliers sont stables et ne tournent pas, tous les pointés se trouvent compris dans une seconde sexagésimale.

L'appareil était installé, grâce à l'extrême obligeance du colonel Jouanne, dans une baraque optique du mont Valérien, sur une base d'une grande solidité, et à l'abri des intempéries.

L'appareil tel qu'il était ainsi constitué ne pouvait être manipulé par un seul observateur. Le colonel Bourgeois a bien voulu mettre à ma disposition des officiers de son service, et je remercie ici les capitaines Boué et Thomas qui m'ont apporté une aide précieuse au début du travail, et surtout le

lieutenant Laborde, grâce au dévouement et à la compétence duquel j'ai pu mener à bonne fin les mesures définitives.

Les mesures ont été faites toujours entre les mêmes traits du limbe et en nous contentant de dix répétitions du miroir, ce qui donnait cinq fois l'angle. Nous nous sommes arrêtés à ce nombre faible à cause de la lenteur de manipulation de l'appareil, et de la rareté des jours de cet été où la brume a permis le travail.

Nous avons retenu treize mesures faites avec tous les perfectionnements apportés à l'appareil, et dans lesquelles la rotation des piliers par différences de température ne s'était pas manifestée. Ces treize mesures se répartissent en deux groupes, chacun d'eux groupé suivant une courbe de probabilité autour d'une moyenne. Les deux moyennes diffèrent d'une demi-seconde, et chacun des groupes est compris dans une demi-seconde. Le plus élevé a été obtenu à des jours différents mais toujours par vent de tempête; l'autre groupe par temps calme.

L'appareil n'avait pu être complètement adapté et contenait encore une vis de mouvement lent susceptible de donner par trépidation un petit écrasement, capable d'augmenter un peu l'angle. Si l'on admet que c'est là la cause de la différence, on voit que toutes les mesures, avec un appareil parfait, seraient comprises dans une demi-seconde; l'angle étant de $40^{\circ}28'26'',25$, on voit que l'écart maximum dû à la méthode serait de $\frac{1}{300000}$ et la plus grande erreur à craindre de $\frac{1}{600000}$, l'erreur probable en étant le quart. C'est là précisément ce qu'on obtiendrait comme erreur probable par les pointés. Si l'on n'admet pas cette interprétation, on doit ou bien admettre qu'il y a eu une réfraction latérale, ou bien admettre que l'appareil donne une erreur maxima de $\frac{1}{300000}$, ce qui donne encore pour l'erreur probable $\frac{1}{1200000}$. Pour juger la question il faudrait construire un appareil convenable, qui serait beaucoup plus maniable que le précédent; le projet est fait, les crédits me manquent pour l'instant.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les covariants fondamentaux du second ordre dans la déformation finie d'un milieu continu.* Note [1] de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soient $M_0(x_0, y_0, z_0)$ et $M(x, y, z)$ les deux positions initiale et finale d'un même élément ponctuel que nous désignerons par (M_0, M).

---

[1] Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

Nous appelons (T) la déformation homogène tangente en (M_0, M).

La déformation homogène tangente en un point

$$[M'_0(x_0+dx_0, y_0+dy_0, z_0+dz_0), M'(x+dx, y+dy, z+dz)],$$

infiniment voisin de (M_0, M), est la résultante de (T) et d'une déformation infinitésimale (dT) définie par les équations

$$(dT)\left\{\begin{aligned} X'-x' &= (1+da_{11})(X-x) + da_{12}(Y-y) + da_{13}(Z-z),\\ Y'-y' &= da_{21}(X-x) + (1+da_{22})(Y-y) + da_{23}(Z-z),\\ Z'-z' &= da_{31}(X-x) + da_{32}(Y-y) + (1+da_{33})(Z-z);\end{aligned}\right.$$

où l'on a posé

$$\begin{aligned} da_{11} &= \frac{\partial x_0}{\partial x}d\left(\frac{\partial x}{\partial x_0}\right) + \frac{\partial y_0}{\partial x}d\left(\frac{\partial x}{\partial y_0}\right) + \frac{\partial z_0}{\partial x}d\left(\frac{\partial x}{\partial z_0}\right)\\ &= -\left[\frac{\partial x}{\partial x_0}d\left(\frac{\partial x_0}{\partial x}\right) + \frac{\partial x}{\partial y_0}d\left(\frac{\partial y_0}{\partial x}\right) + \frac{\partial x}{\partial z_0}d\left(\frac{\partial z_0}{\partial x}\right)\right],\\ da_{12} &= \frac{\partial x_0}{\partial y}d\left(\frac{\partial x}{\partial x_0}\right) + \frac{\partial y_0}{\partial y}d\left(\frac{\partial x}{\partial y_0}\right) + \frac{\partial z_0}{\partial y}d\left(\frac{\partial x}{\partial z_0}\right)\\ &= -\left[\frac{\partial x}{\partial x_0}d\left(\frac{\partial x_0}{\partial y}\right) + \frac{\partial x}{\partial y_0}d\left(\frac{\partial y_0}{\partial y}\right) + \frac{\partial x}{\partial x_0}d\left(\frac{\partial z_0}{\partial y}\right)\right],\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Les différentielles qui figurent dans ces expressions peuvent être exprimées soit à l'aide des coordonnées initiales (x_0, y_0, z_0), soit à l'aide des coordonnées x, y, z relatives à l'état déformé. Nous choisissons le second système et nous écrivons

$$da_{ij} = a_{ij1}\,dx + a_{ij2}\,dy + a_{ij3}\,dz.$$

Les coefficients à trois indices a_{ijk} ne changent pas de valeurs quand on permute entre eux les deux derniers indices. Le nombre des coefficients indépendants est donc égal à 18.

Leurs dérivées partielles par rapport à x, y, z sont au nombre de 54 et vérifient 27 équations que l'on peut mettre sous la forme suivante, en écrivant x_1, x_2, x_3 au lieu de x, y, z :

$$0 = \frac{\partial a_{ijk}}{\partial x_l} - \frac{\partial a_{ijl}}{\partial x_k} + a_{i1k}a_{1jl} + a_{i2k}a_{2jl} + a_{i3k}a_{3jl} - a_{i1l}a_{1jk} - a_{i2l}a_{2jk} - a_{i3l}a_{3jk}.$$

Mais ces 27 équations se réduisent à 24 distinctes en vertu des identités

$$\frac{\partial a_{i12}}{\partial z} - \frac{\partial a_{i13}}{\partial y} + \frac{\partial a_{i23}}{\partial x} - \frac{\partial a_{i21}}{\partial z} + \frac{\partial a_{i31}}{\partial y} - \frac{\partial a_{i32}}{\partial x} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3).$$

2. Nous considérons maintenant une fibre élémentaire issue de (M_0, M); elle est déterminée par sa longueur et ses cosinus directeurs, que nous désignons respectivement par ds_0, α_0, β_0, γ_0 dans l'état initial et par ds, α, β, γ dans l'état déformé. Soit en outre e la dilatation linéaire correspondante $\frac{ds}{ds_0} = 1 + e$.

On a

$$(1) \qquad \frac{de}{1+e} = \alpha^2 da_{11} + \beta^2 da_{22} + \gamma^2 da_{33} + \beta\gamma(da_{23} + da_{32}) + \gamma\alpha(da_{31} + da_{13}) + \alpha\beta(da_{12} + da_{21}),$$

la différentielle logarithmique $\frac{de}{1+e}$ étant prise en regardant α_0, β_0, γ_0 comme des constantes.

La rotation moyenne de la déformation infinitésimale (dT) a pour composantes

$$dp_1 = \frac{1}{2}(da_{32} - da_{23}),$$

$$dp_2 = \frac{1}{2}(da_{13} - da_{31}),$$

$$dp_3 = \frac{1}{2}(da_{21} - da_{12}).$$

Nous désignons par $\frac{\partial p_i}{\partial x}$, $\frac{\partial p_i}{\partial y}$, $\frac{\partial p_i}{\partial z}$ les coefficients de dx, dy, dz dans l'expression de dp_i, et nous posons

$$(2) \qquad \frac{\partial p_3}{\partial y} - \frac{\partial p_2}{\partial z} = 2\varphi_1, \qquad \frac{\partial p_1}{\partial z} - \frac{\partial p_3}{\partial x} = 2\varphi_2, \qquad \frac{\partial p_2}{\partial x} - \frac{\partial p_1}{\partial y} = 2\varphi_3.$$

Le vecteur $\Phi(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ est l'un de nos covariants fondamentaux, celui qui régit la distribution des flexions cycliques ou polaires.

3. Si l'on suppose que le déplacement $\overline{MM'}(dx, dy, dz)$ coïncide avec la fibre élémentaire considérée $(ds, \alpha, \beta, \gamma)$, on a

$$\frac{dx}{ds} = \alpha, \qquad \frac{dy}{ds} = \beta, \qquad \frac{dz}{ds} = \gamma.$$

Les rapports $\frac{da_{ij}}{ds}$, $\frac{dp_i}{ds}$ sont alors des expressions linéaires des cosinus. La dérivée logarithmique $\frac{1}{1+e}\frac{de}{ds}$, prise dans cette hypothèse, est ce que nous appelons la *dilatation seconde* de la fibre. D'après l'équation (1), cette

dérivée s'exprime par une forme cubique des cosinus. Nous posons :

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{1+e}\dfrac{de}{ds} = D_2(\alpha, \beta, \gamma), \\ D_2(\alpha, \beta, \gamma) = d_{111}\alpha^3 + d_{222}\beta^3 + d_{333}\gamma^3 + 3\Sigma d_{112}\alpha^2\beta + 6d_{123}\alpha\beta\gamma. \end{cases}$$

La variation des dilatations secondes, en fonction de la direction, est représentée par une indication du troisième degré. C'est le deuxième covariant.

Conservant toujours la même hypothèse de la coïncidence de la fibre élémentaire avec le déplacement $\overline{MM'}$, projetons la rotation infinitésimale dp_1, dp_2, dp_3 sur la direction de la fibre; le résultat, divisé par ds, donne la *torsion moyenne*, ou simplement la *torsion* de la fibre élémentaire, qui constitue le troisième covariant,

$$(4)\quad \begin{cases} \alpha\dfrac{dp_1}{ds} + \beta\dfrac{dp_2}{ds} + \gamma\dfrac{dp_3}{ds} = \tau(\alpha, \beta, \gamma), \\ \tau(\alpha, \beta, \gamma) = \tau_{11}\alpha^2 + \tau_{22}\beta^2 + \tau_{33}\gamma^2 + 2\tau_{23}\beta\gamma + 2\tau_{31}\gamma\alpha + 2\tau_{12}\alpha\beta. \end{cases}$$

Les coefficients de la forme $\tau(\alpha, \beta, \gamma)$ vérifient la relation

$$\tau_{11} + \tau_{22} + \tau_{33} = 0,$$

comme dans le cas des déformations infinitésimales.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les métaux soumis à l'extension.* Note de M. L. **Hartmann**, présentée par M. L. Lecornu.

Les recherches en vue desquelles l'Académie a bien voulu m'attribuer, en 1910, une subvention sur le fonds Bonaparte, ont permis tout d'abord d'analyser et de préciser les phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des corps solides soumis à des efforts. Je m'occuperai, dans cette Note, du cas de l'extension de barrettes d'épaisseur relativement faible.

On doit distinguer deux périodes.

1° Dès que la limite élastique est atteinte, les éléments constitutifs de la matière sont inégalement influencés par l'action de l'effort. Dans l'acier trempé, préalablement bien poli puis recuit, on voit la pellicule d'oxyde provenant de cette dernière opération se soulever brusquement, en

quelques points, et former les faces de pyramides quadrangulaires isolées d'une remarquable régularité. Ces pyramides, de dimensions différentes, sont toutes semblables entre elles et semblablement disposées. Leurs plans diagonaux sont respectivement perpendiculaires et parallèles à l'axe longitudinal de la lame; leurs intersections avec la surface sont des losanges, dont la grande diagonale est dirigée transversalement; les côtés de ces losanges font ainsi avec l'axe un angle α, supérieur à 45° et, en général, voisin de 60°.

L'augmentation de la charge provoque la formation de nouvelles pyramides, qui surgissent, les unes après les autres, dans le champ du microscope, au moyen duquel le phénomène est observé. Ces pyramides se produisent soit dans le voisinage des premières, soit dans d'autres régions. Leur nombre s'accroît rapidement, à mesure qu'on s'écarte davantage de la limite élastique.

Un fait important est que, lorsqu'on laisse l'effort stationnaire, des pyramides d'oxyde continuent cependant à se manifester pendant un certain temps; on dispose, par suite, d'un procédé extrêmement sensible pour démontrer que les déplacements moléculaires, provoqués par une charge de valeur donnée n'atteignent pas immédiatement l'équilibre correspondant à cette charge. Cet effet est d'autant plus marqué que la vitesse de l'extension a été plus considérable avant l'arrêt.

Finalement, pour une valeur suffisamment élevée de l'effort, la surface se trouve tout entière envahie par les pyramides d'oxyde. Celles-ci sont contiguës, et leurs bases, accolées les unes contre les autres, forment des lignes brillantes ou sombres, suivant les dispositions adoptées pour l'éclairage.

A ce moment d'ailleurs, les pyramides se juxtaposent le plus souvent suivant des directions faisant l'angle α avec l'axe longitudinal de la barrette, et il n'est pas rare de voir une formation d'ensemble de ces pyramides s'opérer suivant l'une des directions conjuguées, quand l'effort croît. On aperçoit, dans ce cas, comme une vague oblique disloquer l'oxyde et le détacher parallèlement à la direction du mouvement moléculaire.

Cette première période s'étend jusque dans le voisinage de la charge maxima.

2° A ce moment apparaissent des strictions obliques traversant toute la largeur de la barrette, d'un bord au bord opposé. Ces strictions comprennent chacune un ensemble de déformations élémentaires juxtaposées et elles sont inclinées, comme les contours de celle-ci, de l'angle α sur l'axe de

l'effort. Leur profil, normalement à leur alignement moyen, a pour enveloppe une courbe à double inflexion, dont la dénivellation par rapport au reste de la surface est plus ou moins accentuée. Elles affectent toute l'épaisseur de la lame, en subissant, d'une face à l'autre, une déviation égale à l'angle α.

La déformation se continue ensuite conformément à l'un des modes ci-après, suivant la nature du métal expérimenté :

a. Chaque accroissement de la charge approfondit une ou plusieurs des strictions existantes, et la rupture se fait alors, après un faible allongement pour 100, soit dans une de ces dépressions, soit suivant la bissectrice de deux d'entre elles, soit en partie suivant ces deux directions.

b. Les strictions initiales n'ont qu'une très petite profondeur, et aucune d'elles ne se creuse plus rapidement que les autres. Dans ce cas, l'effort provoque un mouvement moléculaire suivant des nappes obliques d'une certaine largeur, qui courent, pour ainsi dire, sur la surface avec une vitesse d'autant plus grande que l'effort croît plus rapidement.

La surface étant entièrement dépolie une première fois à la suite du passage d'une série de ces ondes, le phénomène se répète ensuite au milieu des granulations dont la lame est recouverte. Il en est ainsi jusqu'à ce qu'on atteigne la charge maxima. On distingue à cet instant, dans la striction générale qui se forme, immédiatement avant la rupture, des réseaux réguliers qui ne sont autre chose que les traces des dernières ondes ayant accompagné l'ascension de l'effort.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de lignes de l'air donné par l'étincelle de self-induction.* Note de M. **G.-A. Hemsalech**, présentée par M. Maurice Hamy.

On sait qu'en insérant une self-induction dans le circuit de décharge d'un condensateur on peut éliminer complètement les raies de l'air dans le spectre de l'étincelle. Au cours de nouvelles recherches, j'ai pu constater qu'au fur et à mesure que les raies de l'air disparaissent avec l'augmentation de la self-induction, un autre spectre de lignes apparaît, devient prépondérant et finalement, avec une certaine valeur de self, subsiste seul à côté des bandes négatives de l'azote. Les raies les plus marquées se trouvent dans la partie rouge au voisinage de la raie de l'hydrogène, laquelle fait elle-même partie de ce spectre.

L'étude détaillée de l'étincelle de self-induction à l'aide de la méthode du courant d'air m'a montré que ce spectre de lignes est émis exclusivement

par les oscillations et qu'aucune de ses raies n'est visible dans la décharge initiale, siège du spectre de lignes de l'air déjà connu.

Quoique les raies de ce spectre soient caractéristiques de l'étincelle de self-induction, elles apparaissent également dans l'étincelle de capacité; mais elles y sont généralement trop faibles pour être aperçues et quelques-unes seulement ont déjà été observées, notamment par Néovius [1].

A titre de distinction, j'appellerai le spectre de lignes émis par le trait de feu le *premier* et celui émis par les oscillations le *deuxième spectre de lignes de l'air*. Ce dernier devient particulièrement brillant avec de fortes capacités et des self-inductions relativement faibles (de 0,001 à 0,004 henry). En augmentant davantage la self-induction, les raies s'affaiblissent et finalement disparaissent complètement. Avec des électrodes peu volatiles, tels que le cuivre et l'argent, les raies sont très marquées, tandis qu'avec le fer ou d'autres métaux volatils, le deuxième spectre de lignes est très faible ou même absent. Ceci est dû à ce que, quand il y abondance de vapeur métallique, le courant électrique des oscillations est transporté uniquement par cette dernière.

Toutes les raies du *deuxième* spectre sont plus ou moins nébuleuses ou élargies, et, par ce fait même, ce spectre contraste avec le *premier* donné par le trait de feu.

Le Tableau suivant donne les longueurs d'onde et les intensités relatives des principales raies du deuxième spectre de lignes :

Longueurs d'onde.	Intensités relatives.	Longueurs d'onde.	Intensités relatives.
3947,6	2 O	5293,2	2
4137,8	2 N	5310,0	1
4143,8	3	5329,0	2 N
4151,9	5 N	5356,9	1 N
4356,4	1 N	6000	1
4368,5	4 O	6009	2
4459,4	1 N	6157	5 O
4474,6	1 N	6442	1
4651,6	2	6458	3 O
4661,2	1	6485	5
4670,8	3	6563	10 H
4914,3	1 N	6648	3
4934,7	3 N	6656	2
5281,7	2 N	6727	2

[1] O. Néovius, *Bihang K. svenska Vet.-Akad. Handlingar*, t. XVII, n° 8, 1891.

Les observations ont été faites à l'aide d'un spectrographe à un seul prisme de Rutherford.

L'étincelle employée éclatait entre des électrodes de cuivre ou d'argent et avait de 5^{mm} à 15^{mm} de longueur; elle était produite par la décharge d'un condensateur de 0,044 microfarad à travers une self-induction de 0,004 henry. Le condensateur était en dérivation sur le secondaire d'un transformateur de résonance alimenté par le courant alternatif. Les raies dues à l'azote ont été marquées d'après les observations de Néovius, tandis que celles dues à l'oxygène ont été identifiées par moi. Cependant l'origine chimique de beaucoup de ces raies est encore incertaine.

A l'exception peut-être de la raie rouge de l'hydrogène, dont l'origine spectrale n'est pas encore connue, aucune des raies caractéristiques du *premier* spectre de lignes ne se trouve parmi les raies du *deuxième*. Je n'ai pu relever aucune trace des fortes raies λ 3995,3, 4447,3, 5001,6, 6482,3 de l'azote ou de la raie 4415,2 de l'oxygène. Chacun de ces deux spectres de lignes est donc lié à des conditions de décharge particulières dans lesquelles il peut prendre naissance.

Comme nous l'avons démontré, M. Schuster et moi, le premier spectre de lignes de l'air est produit par la décharge initiale de l'étincelle de capacité, c'est-à-dire par une décharge disruptive à travers une couche d'air *non* ionisé. Le deuxième spectre de lignes de l'air est émis, comme je viens de le dire plus haut, par les oscillations qui suivent la décharge initiale, c'est-à-dire par une décharge à travers une couche d'air préalablement *ionisé* par le trait de feu.

Les raies 4143,8 et 4151,9 semblent être identiques aux nouvelles raies découvertes par Moissan et Deslandres [1] dans l'air à basse pression et dont l'origine chimique est encore douteuse.

En ce qui concerne les raies dues à l'oxygène, il est intéressant de constater qu'elles appartiennent au *spectre de lignes composé* de M. Schuster et font partie des séries de Runge et Paschen. Des expériences faites avec l'étincelle éclatant dans l'oxygène à la pression atmosphérique ont démontré qu'en effet le *spectre de lignes élémentaire* disparaît assez rapidement avec l'augmentation de la self-induction, tandis que le *spectre de lignes composé* subsiste seul.

En résumé, j'ai établi l'existence d'un deuxième spectre de lignes de l'air, lequel est émis exclusivement par les oscillations de l'étincelle électrique.

---

(1) MOISSAN et DESLANDRES, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 1689.

PHYSICO-CHIMIE. — *Recherches sur les propriétés magnétiques du fluor.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. E. Bouty.

La connaissance de la susceptibilité d'un élément diamagnétique ne semble pas exiger nécessairement l'obtention de ce corps à l'état de liberté.

J'ai en effet montré que le carbone, le soufre, le chlore, etc., et plus généralement les éléments diamagnétiques conservent la plupart du temps, en combinaison organique, leurs propriétés naturelles. Il suffit, pour le vérifier, de choisir convenablement les composés organiques, de façon à éviter certaines particularités de structure qui masquent l'additivité des propriétés magnétiques.

L'étude du chlore, du brome et de l'iode indiquant la conservation intégrale de leurs propriétés, particulièrement dans les dérivés aromatiques halogénés sur le noyau, il m'a paru possible d'étendre cette règle aux composés fluorés, et l'expérience a vérifié ces prévisions.

En particulier, quatre échantillons de fluobenzène C^6H^5F et de parafluophénétol $C^6H^4F_1(OC^2H^5)_4$, d'une très grande pureté, ont donné les valeurs suivantes de la susceptibilité moléculaire :

Fluobenzène..............	-608.10^{-7}	-607.10^{-7}
p-fluophénétol............	-915.10^{-7}	-919.10^{-7}

On en déduit pour la susceptibilité atomique du fluor des valeurs très concordantes, dont la moyenne est

$$\chi_F = -65,5.10^{-7}.$$

Le fluor semble donc être un élément diamagnétique dont la susceptibilité spécifique serait égale à

$$\chi_s = -3,447.10^{-7},$$

celle de l'eau étant prise égale à $-7,5.10^{-7}$.

Cette valeur ne satisfait pas à la loi exponentielle qui relie les susceptibilités au poids atomique (¹); comme tous les chefs de file des familles de métalloïdes, le fluor est beaucoup moins diamagnétique qu'on ne pouvait prévoir.

Mais d'autre part, dans une précédente Note (²), j'ai fait remarquer que

(¹) Pascal, *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, t. XIX, 1910, p. 16.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, p. 862.

les susceptibilités spécifiques du chlore, du brome et de l'iode avaient une partie aliquote commune égale à $-0,2468.10^{-7}$. On retrouve cette même partie aliquote dans l'étude du fluor, car sa susceptibilité spécifique fournit la relation convaincante

$$\chi_s = -3,447.10^{-7} = -10^{-7}[14 \times 0,2468 - 0,008].$$

De plus, j'ai montré que dans de nombreux composés halogénés, il se produisait une dépréciation du diamagnétisme, qu'on interprète facilement en supposant chaque atome d'halogène subdivisé en éléments plus petits dont les propriétés magnétiques s'annulent deux à deux, d'atome à atome, par saturation mutuelle des contre-valences.

Or, si l'expérience montre que le voisinage de plusieurs atomes de fluor, attachés à un même atome central, n'introduit aucun trouble dans l'additivité des propriétés magnétiques, on constate aisément que si le fluor voisine avec un autre halogène, il se produit une dépréciation nette D du diamagnétisme moléculaire S, caractérisée par la disparition apparente d'un même nombre de parties aliquotes de la susceptibilité dans les halogènes voisins.

C'est ce qui ressort, en particulier, de l'examen des chiffres suivants :

Corps fluorés.	-10^7 S observé.	Calculé.
$C^6H^5CF^3$	805	801,5
$C^6H^4(AzO^2)_1(CF^3)_3$	876	868,5

	-10^7 S observé.	-10^7 D.	-10^7 D calculé.
$C^6H^5CF^2Cl$	908	37,5	36,3

A ce point de vue, le fluor se comporte donc comme les autres halogènes, et le champ magnétique décèle dans tous ces corps l'existence des valences supplémentaires qu'on est amené à leur attribuer par des considérations purement chimiques.

Le fluor se classe cependant à part, par le rôle qu'il joue dans les dérivés où il voisine avec 1^{at} d'oxygène.

En particulier, l'étude des dérivés fluorés tels que le fluorure de butyryle, le fluorure de benzoyle, montre que l'oxygène doublement lié est diamagnétique dans ces composés, comme il l'était dans les acides correspondants, et au contraire de ce que l'on constate dans les chlorures d'acides. Le fluor se comporte donc ici, au point de vue magnétique, comme l'oxygène, dont de nombreux faits chimiques tendent à le rapprocher.

En tout cas, la structure discontinue de l'atome d'halogène semble

actuellement démontrée par les mesures précédentes, auxquelles vient prêter appui l'examen d'autres propriétés physiques, comme le volume moléculaire, le pouvoir réfringent et le pouvoir rotatoire magnétique. Si l'on ajoute que des résultats analogues se rencontrent dans l'étude du carbone, du soufre, du phosphore, du bore, du mercure, etc., dont la susceptibilité spécifique contient la même partie aliquote $-0,2468.10^{-7}$, on peut espérer que l'analyse magnéto-chimique, confinée jusqu'ici dans l'étude de la structure moléculaire, pourra donner des renseignements intéressants sur la structure atomique des éléments diamagnétiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition de l'eau par la lumière ultra-violette.* Note de M. **A. Tian**, présentée par M. P. Villard.

On sait que la lumière émise par une lampe à mercure en quartz agit sur l'eau pour donner de l'eau oxygénée et que, d'autre part, cette même lumière décompose très rapidement l'eau oxygénée en donnant de l'eau et de l'oxygène [1]. M. Kernbaum [2] ayant étudié les gaz dégagés par de l'eau soumise en vase clos, pendant 200 heures à l'action d'une pareille source de lumière ultra-violette, constata la présence d'hydrogène, mais ne put déceler celle de l'oxygène, bien que le liquide donnât nettement les réactions de l'eau oxygénée. L'absence de ce gaz semble difficile à concilier avec les faits précédents.

J'ai étudié l'action de la lumière ultra-violette sur l'eau en suivant la marche du phénomène par l'examen des gaz dégagés. A cet effet l'eau était soumise à une distillation continue dans le vide, avec réfrigérant ascendant; les produits gazeux, en quantité d'ailleurs très faible, étaient, à mesure de leur production, chassés par la vapeur d'eau hors du vase contenant l'eau en expérience, extraits de temps en temps et analysés. La concentration en oxygène et en hydrogène dissous étant ainsi extrêmement petite, on pouvait recueillir au moment d'une analyse la presque totalité des gaz produits, et d'autre part on évitait autant que possible les réactions secondaires.

Une cellule avec un tube à dégagement, le tout en quartz et d'une seule pièce, renfermant 50^{cm^3} d'eau environ, était placée à quelques centimètres sous le brûleur en

(1) Thiele, *B. d. deut. chem. Gesellschaft*, t. XL, n° 4, 1907, p. 4914.
(2) M. Kernbaum, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 273; *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 225.

quartz d'une lampe de 220 volts 3,5 ampères. Le tube à dégagement incliné servant de condenseur, était refroidi par un courant d'eau allant réfrigérer ensuite la partie inférieure de la cellule. La température de l'eau exposée était ainsi constamment supérieure à celle du tube à dégagement. A des intervalles de temps convenablement rapprochés, on aspirait le mélange gazeux contenu dans l'appareil et l'on mesurait, à l'aide d'une sorte de jauge de Mac Leod, le volume de gaz qui était dilué dans un excès considérable de vapeur d'eau; la même jauge permettait de faire des analyses eudiométriques. On pouvait déceler ainsi $0^{mm^3},05$ de gaz (sous la pression ordinaire) et mesurer 1^{mm^3} à moins de $\frac{1}{10}$, et une dizaine de millimètres cubes à $\frac{1}{100}$ près.

Avant d'effectuer une expérience, on nettoyait longuement la cellule et son tube à dégagement, avec de l'acide sulfurique concentré et chaud, additionné de permanganate de potassium, puis avec de l'eau oxygénée sulfurique, en dernier lieu avec de l'eau de conductivité $1,5.10^{-6}$, jusqu'à ce que la conductivité de cette eau ne soit plus modifiée après séjour dans le vase de quartz. On y plaçait alors 50^{cm^3} de cette eau pure que l'on purgeait de tout gaz dissous. Pour cela, on faisait d'abord le vide et l'on extrayait ensuite de temps en temps les gaz dégagés : quand, après 4 à 5 jours, le débit était descendu à moins de $0^{mm^3},5$ par heure, on allumait la lampe et, lorsque celle-ci avait pris son régime définitif, on enlevait l'écran recouvrant la cellule.

Dès que l'eau est exposée aux radiations ultra-violettes, on constate un dégagement gazeux, mélange d'hydrogène et d'oxygène, dont le débit va en diminuant : de 25^{mm^3} par heure il s'abaisse peu à peu à 3^{mm^3}. En même temps la composition du gaz change : la proportion d'oxygène qui est très faible au début (1 pour 100 environ pendant la première demi-heure) va en croissant, si bien que malgré la diminution du débit total du gaz, la quantité absolue d'oxygène dégagé par heure croît avec la durée d'exposition. Si l'on représente graphiquement les résultats, en traçant la courbe de débit du gaz tonnant (mélange $2H^2 + O^2$) et celle de débit total, on obtient deux courbes, la première ascendante, l'autre descendante, se rapprochant sans cesse et semblant tendre vers la même asymptote, en sorte qu'au bout d'un temps suffisant, le gaz dégagé serait du gaz tonnant pur.

Toutefois, je n'ai pu arriver dans mes expériences à dépasser 92 pour 100 de gaz tonnant. La cause en était non pas à une durée insuffisante de l'exposition à la lumière, mais bien à une absorption d'oxygène, car l'excès d'hydrogène sur la quantité totale de gaz tonnant était très supérieur à celui qui correspondait au peroxyde d'hydrogène trouvé à la fin d'une expérience. Étant donnée la faible quantité d'oxygène manquant (de l'ordre du centième de milligramme), il est très probable qu'il faut chercher la cause de ce déficit dans la présence de matières réductrices, malgré les précautions prises pour les éviter. D'autre part, dans quelques expériences, j'ai constaté des augmentations brusques du volume du gaz dégagé, en même temps que variait brusquement aussi sa composition. Les conditions de réfrigération et le régime électrique de la

lampe restant bien constants, je crois devoir attribuer ces irrégularités à l'introduction de matières étrangères dans la cellule, par exemple de poussières entraînées par l'eau condensée. Il faut rapprocher de ces faits ceux observés par Ramsay dans la décomposition de l'eau par l'émanation du radium et par Von Bergnitz dans l'action sur ce liquide des rayons du polonium : ces auteurs ont toujours constaté un déficit, d'ailleurs irrégulier, d'oxygène. C'est probablement à une absorption analogue que doit être attribuée l'absence d'oxygène constatée par M. Kernbaum.

La variation de composition du gaz dégagé s'explique de la façon suivante : Dès les premiers instants, l'eau se peroxyde, et de l'hydrogène est mis en liberté. La production d'oxygène ne se manifeste qu'ensuite, quand de l'eau oxygénée est présente dans le liquide et s'y décompose en partie : le débit de ce gaz va en croissant à mesure que la solution devient plus riche en peroxyde d'hydrogène. Quand la teneur en eau oxygénée devient constante (égalité entre les quantités formées et décomposées), le débit d'oxygène devient lui aussi constant : à ce moment, la composition du gaz dégagé est celle du gaz tonnant.

Le débit d'oxygène décroît beaucoup avec la durée d'exposition. Cette diminution permet de penser qu'en présence de la lumière ultra-violette, il s'effectue une au moins des deux réactions suivantes : 1° action inverse de l'hydrogène dissous sur l'eau oxygénée; 2° combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène. Cette dernière réaction a déjà été signalée entre corps gazeux [1].

M. Thiele et M. A. Coehn [2] ayant montré que la vapeur d'eau est dissociée, extrêmement peu il est vrai, en ses éléments sous l'action de la lumière ultra-violette, on peut se demander si le dégagement gazeux observé ne serait pas dû à cette action exercée sur la vapeur d'eau occupant l'atmosphère de la cellule; or, dans les premières minutes l'oxygène ne pouvant être décelé dans le gaz recueilli, il ne semble pas que cette dissociation intervienne dans le phénomène étudié.

En résumé : sous l'action de l'ensemble des radiations émises par une lampe à vapeur de mercure en quartz, l'eau est décomposée en hydrogène et en peroxyde d'hydrogène, qui, en se décomposant à son tour, donne de l'oxygène. Au bout d'un temps suffisant, l'effet de la lumière est identique, quant aux gaz dégagés, à celui de l'électrolyse.

---

(1) THIELE, *Z. f. angew. Chemie*, t. XXII, 51, 1909, p. 2473. — A. COEHN, *B. d. deut. chem. Gesellschaft*, t. XLIII, n° 5, 1910, p. 880. — D. BERTHELOT et GAUDECHON, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1690.

(2) THIELE et A. COEHN, *loc. cit.*

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du phosphore dans le lait.* Note de MM. **E. Fleurent** et **Lucien Lévi**, présentée par M. Schlœsing fils.

MM. Bordas et Touplain ont présenté à l'Académie, le 27 mars dernier, une Note intitulée *Considérations sur l'analyse du phosphore dans le lait*, dans laquelle ils font remarquer principalement qu'au cas particulier, dans le dosage de cet élément, la perte, pendant la calcination au rouge sombre, est pratiquement nulle.

C'est une observation qui ne nous avait pas échappé au cours de l'étude que nous avons poursuivie sur la détermination des cendres des matières organiques dont nous avons présenté les conclusions générales à l'Académie dans la séance du 13 mars 1911. Nous en avons d'ailleurs fait état dans le Mémoire que nous avons remis le même jour à la Société chimique de France.

Mais nous tenons à faire remarquer cependant en nous basant sur les chiffres de MM. Bordas et Touplain et sur les nôtres que si, au point de vue où nous nous sommes placés, on peut admettre que la perte en phosphore ($0^g,065$ de P^2O^5 par litre), durant la combustion des matières organiques du lait, peut être négligée, bien qu'elle atteigne déjà 3,90 pour 100 du phosphore total, il n'en est plus de même si l'on considère cette perte par rapport au phosphore organique puisqu'elle atteint 21,30 pour 100 de la quantité dosée par les précédents auteurs.

BOTANIQUE. — *Les Asclépiadées sans feuilles de l'ouest de Madagascar.* Note de MM. **H. Jumelle** et **H. Perrier de la Bathie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Des plantes sans feuilles, des arbres à tronc ventru, des tiges grasses ou épineuses, telle est la flore des régions sèches de l'ouest de Madagascar, aussi bien dans le Nord que dans le Sud, quoique ce soit surtout dans la partie méridionale de l'île (plateau mahafaly, Androy) que, sous l'influence d'un climat spécial, cette flore est le plus largement représentée.

Parmi les espèces qui, en revêtant la forme xérophile, sont les représentants les plus fréquents de cette végétation étrange, il faut compter les Asclépiadées sans feuilles, dont nous connaissons aujourd'hui, après les explorations récentes de l'un de nous, une vingtaine environ.

Presque toutes, et, en tous cas, toutes celles que nous voulons signaler pour le moment, sont des Cynanchées et appartiennent aux genres *Cynanchum*, *Vohemaria*, *Decanema*, *Folotsia*, *Sarcostemma* et *Prosopostelma*.

Les *Cynanchum* sont les plus communs, et plusieurs sont tout de suite bien caractérisés par la présence d'une ligule sur la face interne de leurs lobes coronaires. Cette ligule est ciliolée, à sommet large, irrégulièrement échancré et dentelé dans le *C. macrolobum;* elle est également ciliolée et à sommet large, mais très faiblement échancré dans le *C. menarandrense*, qui est à couronne plus petite et bien différente; elle est presque aussi longue que le repliement lobaire, en forme de capuchon concave, qui la recouvre dans le *C. macranthum*; lobes et ligules sont nettement bifides, la ligule étant visible extérieurement dans l'échancrure du lobe, dans le *C. bisinuatum*.

Parmi les espèces sans ligule, le bord de la couronne est sinueux et comme gauffré dans le *C. edule;* il y a cinq fortes saillies latérales aiguës, alternes avec de courts lobes oppositisépales, dans le *C. radiatum;* les lobes sont bifides au sommet dans le *C. arenarium;* ils sont de même largeur aux deux extrémités, mais le sommet, presque droit et dentelé, est brusquement surmonté d'un petit filet médian dans le *C. ampanihense*.

En comparant d'ailleurs avec les espèces précédentes le genre *Vohemaria* créé par Buchenau pour le *V. Messeri*, nous ne voyons pas quel est le caractère net qui sépare ce *Vohemaria* des *Cyananchum;* l'anthère serait bien dépourvue de membrane terminale dans l'espèce de Buchenau, mais cette membrane est basse et peu apparente dans notre *Cyn. mahafalense*, dont la couronne porte de petits lobes épipétales légèrement bidentés ou tridentés, alternes avec de plus grands lobes ovales, à sommet obtus et crénelé; de même il n'y a qu'une membrane basse, peu distincte, même sur le frais, sur l'anthère du *Cyn. implicatum* (*Voh. implicata*), que nous considérons comme ayant cinq lobes épisépales trifides, le filament médian étant plus ou moins adné aux étamines. Nous faisons donc rentrer définitivement les *Vohemaria* parmi les *Cynanchum*, comme l'avait déjà proposé K. Schumann.

Quant au genre *Decanema*, créé par Decaisne pour le *D. Bōjerianum*, il ne peut être conservé que si l'on admet comme caractère le séparant des *Cynanchum*, le fait que les filaments coronaires oppositipétales, d'ordinaire plus courts que les filaments ou les lobes oppositisépales, sont ici plus longs. Lorsque, en effet, au lieu d'examiner des fleurs sèches de *D. Bojerianum*, on examine des fleurs conservées dans le formol, on constate facilement

qu'il n'y a pas deux couronnes comme on l'a dit et comme elles ont été très inexactement figurées par Decaisne et dans le *Pflanzenfamilien*, mais, ainsi que l'a bien précisé Decaisne lui-même dans le texte de son Mémoire (*Annales des Sciences naturelles de* 1838), une seule couronne très sinueuse, absolument semblable à celles de beaucoup de *Cynanchum*. La seule particularité reste, par conséquent, la longueur des filaments alternes; et dans le genre *Decanema* ainsi compris rentre alors aussi le *Decanema luteifluens*, dont la couronne ondulée porte de petites dents oppositisépales, recourbées vers le gynostège, beaucoup plus courtes que les filaments oppositipétales.

Un genre plus réel, à notre avis, est le genre *Folotsia*, créé en 1908 par MM. Costantin et Bois. La couronne, simple, ondulée, à 10 filaments, serait bien, par elle-même, une couronne de *Cynanchum*, mais — outre divers autres caractères, tels que la grosseur des tiges, la longueur du stigmate conoïde — les ondulations externes de cette couronne sont ici *oppositisépales*. Les languettes oppositipétales paraissent, en se repliant, être en forme de fer de flèche dans le *Folotsia sarcostemmoides* Cost. et Bois; elles sont plutôt en forme de fer de hallebarde dans le *Fol. grandiflora* (que nous avions nommé *Decanema grandiflorum* avant la création du genre *Folotsia*).

Le genre *Prosopostelma* est jusqu'alors un genre sans espèce! Il fut créé par Baillon pour deux plantes de l'Afrique occidentale qui ne furent jamais nommées, mais qui auraient des lobes coronaires oppositipétales, les autres caractères floraux étant sensiblement ceux des *Cynanchum*. Or c'est exactement le cas que présente une liane du Menarandra, que nous nommerons le *Prosopostelma madagascariensis ;* sa couronne simple est formée de cinq grands lobes presque entièrement libres, ovales obtus, rapprochés en un cône qui cache le gynostège.

A l'exception du *Cyn. macrolobum*, qui forme sur les grès de l'Isalo de petits buissons de 40^{cm} au plus de hauteur, toutes ces Asclépiadées aphylles, et à latex visqueux, sont grimpantes. Leurs rameaux, nombreux et grêles, revêtus d'une épaisse couche cireuse verdâtre, retombent de tous côtés, en s'entremêlant, sur les arbres-supports et donnent à ces arbres l'aspect spécial qui leur a valu, surtout quand ce sont les assez grosses tiges des *Folotsia*, le nom vulgaire d'*arbres-saucisses*. Ces lianes fleurissent en saison sèche, au moment où les autres Asclépiadées à feuilles sont en fruits. Les fleurs sont parfois très odorantes; certaines ont l'odeur de la rose. Les fruits, plus ou moins charnus, s'ouvrent tardivement; les Mahafaly mangent ceux du *Cynanchum edule*, ou *rangankibo*, qui seraient sucrés.

BOTANIQUE. — *Étude biométrique de la descendance de Haricots greffés et de Haricots francs de pied.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En 1908 (¹), j'ai signalé les différences importantes que présentaient entre eux des Haricots noirs de Belgique, provenant des grains d'un même pied autofécondé, élevés en solutions nutritives, greffés sur Soissons et francs de pied. Je récoltai cinq graines sur les greffons et je constatai qu'elles étaient plus petites que les semences normales. Désireux de vérifier si l'influence de la greffe se faisait sentir dans la descendance des Haricots ainsi cultivés, je semai l'année suivante (1909), en pleine terre et à l'époque convenable, les cinq graines des greffés, comparativement avec celles des témoins. Je pris toutes les précautions habituelles pour assurer l'autofécondation et je récoltai 108, 102, 136, 120 et 34 graines sur les pieds issus des greffés quand les témoins fournissaient une moyenne de 133 graines par exemplaire. Ces chiffres étant trop faibles pour permettre l'étude biométrique des graines, j'ai semé à nouveau le tout en 1910, avec les mêmes précautions, et j'ai récolté de nombreuses graines; j'en ai pris au hasard 1008 dans chaque lot que j'ai mensurées au triple point de vue de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur. Voici les chiffres obtenus :

Fréquences observées.

	Longueurs.										
	5.	5½.	6.	6½.	7.	7½.	8.	8½.	9.	9½.	10.
Témoin.......	»	»	»	32	228	171	338	114	78	12	35
Greffon nº 1...	»	»	»	43	286	198	345	84	49	3	»
Greffon nº 2...	»	»	42	70	392	198	276	17	13	»	»
Greffon nº 3...	»	4	75	133	431	150	196	14	3	2	»
Greffon nº 4...	22	»	»	105	364	178	279	36	24	»	»
Greffon nº 5...	»	2	18	31	334	190	350	52	30	1	»

(¹) Lucien Daniel, *Sur la greffe de quelques variétés de Haricots* (*Comptes rendus*, 6 juillet 1908

Fréquences observées.

	Largeurs.						
	3.	3½.	4.	4½.	5.	5½.	6.
Témoin	»	»	417	226	231	132	2
Greffon n° 1	»	»	665	275	68	»	»
Greffon n° 2	»	41	817	136	14	»	»
Greffon n° 3	3	116	825	59	5	»	»
Greffon n° 4	»	75	779	154	»	»	»
Greffon n° 5	3	84	764	145	12	»	»

Fréquences observées.

	Épaisseurs.					
	2.	2½.	3.	3½.	4.	4½.
Témoin	»	52	532	212	211	1
Greffon n° 1	19	25	528	408	28	»
Greffon n° 2	21	31	704	220	32	»
Greffon n° 3	64	194	624	114	12	»
Greffon n° 4	10	32	641	308	17	»
Greffon n° 5	1	47	488	422	50	»

Des polygones de variation auxquels correspondent les chiffres ci-dessus, on peut conclure que, dans cette série d'expériences :

1° L'amplitude de la variation reste la même sensiblement dans la descendance des témoins et des greffés, quant à l'épaisseur des graines; elle est tantôt égale, tantôt plus petite pour la largeur; elle est tantôt plus petite, tantôt plus grande pour la longueur.

2° Les dominantes sont aussi restées les mêmes pour la largeur et l'épaisseur dont les courbes unomiales deviennent très aiguës chez les greffés, montrant ainsi que la greffe a fixé le type moyen. Quant à la longueur, il y a deux sommets dans le témoin et dans les greffés, mais chez ceux-ci le sommet, qui était le plus élevé chez le témoin, diminue pendant que l'autre augmente à des degrés variables. Les deux sommets, indice d'un mélange de deux types, s'équivalent sensiblement dans la descendance du greffon n° 5.

3° D'une façon générale, la greffe a produit des variantes individuelles, mais la variation imprimée s'est montrée assez homogène pour qu'on ne puisse l'attribuer à d'autres causes qu'à l'influence du sujet sur la postérité du greffon.

4° La diminution de taille, observée dans les graines des Haricots greffés,

se retrouve fort nette dans leur descendance. Il y a donc eu, sous le rapport de la taille des semences, une remarquable hérédité d'un caractère acquis à la suite du greffage, dans les conditions de l'expérience.

BIOLOGIE. — *Sur le caractère hétérogamique des* gemini *chez* Impatiens glanduligera *Royle*. Note de MM. **J. Granier** et **L. Boule**, présentée par M. Guignard.

Dans notre Communication sur la *microsporogenèse* chez *Endymion nutans* Dum. ([1]), nous avons signalé, à la prophase de la première cinèse de maturation, la conjugaison des chromosomes deux à deux. Le même phénomène s'observe dans la *macrosporogenèse* du même objet et d'autres objets aussi, que nous avons eu déjà l'occasion de mentionner.

Il serait particulièrement intéressant de rechercher si les chromosomes qui se conjuguent en gemini se groupent ainsi au hasard, ou si leur groupement se fait avec sélection, de manière à accoupler des chromosomes porteurs de caractères particuliers, comme on l'a déjà observé chez les animaux, en particulier chez les Insectes.

L'*Endymion* ne nous a fourni sur ce point aucune indication. Des recherches de cette nature doivent nécessairement se baser sur les particularités anatomiques des chromosomes qui se conjuguent; or toutes les unités chromosomiques et tous les groupements géminés présentent, chez *Endymion nutans*, les mêmes caractères.

Le type *Impatiens* manifeste au contraire, à cet égard, quelques particularités propres à favoriser les recherches dans le sens indiqué. Nous avons eu à notre disposition un matériel assez varié: *Impatiens glanduligera*, *Impatiens Holstii*, *Impatiens hortensis*, *Impatiens Oliveri*, *Impatiens parviflora*, *Impatiens sultani*, etc. Tous ces objets, au point de vue qui nous occupe, présentent, dans les grandes lignes, les mêmes caractères. Nous nous sommes cependant attachés tout spécialement à l'étude des phénomènes de division somatique et réductionnelle chez *Impatiens glanduligera*.

Notre attention a été tout d'abord attirée par la présence, dans les cellules somatiques, de deux chromosomes, que leur grande taille met facilement en évidence au milieu des autres unités chromosomiques. Ce fait pourtant n'eût pas suffi à lui seul à diriger nos recherches sur le point

([1]) *Comptes rendus* du 13 février 1911.

précis qui fait l'objet de cette Communication; mais nous avons été surpris de constater, au cours de nos observations, que la cellule mâle définitive, au lieu de posséder deux macrochromosomes, comme les cellules somatiques, n'en possédait qu'un seul. Cette cellule n'apportant qu'un seul macrochromosome dans la constitution de la cellule-œuf, et celle-ci, d'autre part, possédant, comme toutes les cellules somatiques qui dériveront d'elle, deux macrochromosomes, il faut nécessairement que le second macrochromosome lui soit fourni par la cellule femelle. Bien que des circonstances particulières ne nous aient pas encore permis de contrôler directement ce dernier point, nous pouvons cependant le regarder, dès maintenant, comme établi.

La cellule mâle et la cellule femelle qui, définitivement constituées, ne posséderont qu'un seul macrochromosome, en possèdent donc encore deux au stade de cellules goniales, et qui sont l'un d'origine paternelle, l'autre d'origine maternelle. Comment vont se comporter ces deux chromosomes particuliers durant les phénomènes de la maturation sexuelle?.. Nous nous sommes attachés surtout à l'étude de ceux de ces phénomènes qui précèdent la réduction nucléaire. A ce point de vue, *Impatiens glanduligera* se comporte comme *Endymion nutans*. Au stade méta-anaphasique de la dernière division goniale, tous les chromosomes subissent un clivage longitudinal. Chacun d'eux, au début de la première cinèse réductrice, apparaît double; mais, de plus, chacun de ces chromosomes doubles, ou chromosomes à deux branches, contracte des relations étroites avec un autre chromosome double comme lui, et ainsi se constituent des *gemini* à quatre branches, présentant les mêmes caractères généraux que les *gemini* de l'Endymion. *Impatiens glanduligera* se prête pourtant à une étude un peu plus intime du phénomène de formation de ces *gemini*.

Nous constatons, en effet, que ce phénomène aboutit toujours à la constitution d'un groupe géminé spécial, le *groupe macrochromosomique;* toujours les deux macrochromosomes sont groupés ensemble; jamais nous n'avons observé la conjugaison d'un grand et d'un petit chromosome, tant dans la cellule femelle que dans la cellule mâle. Un chromosome d'origine paternelle s'unit donc toujours, dans le groupe géminé macrochromosomique, à un chromosome d'origine maternelle : c'est ce que nous entendons dire en parlant de la *constitution hétérogamique* des *gemini;* nous ne voulons d'ailleurs nullement étendre cette explication à la constitution des autres *gemini*, dans la même cellule; nous ne l'affirmons que du groupement spécial à deux grands chromosomes.

L'anaphase de la première division réductrice dissociera ce groupe macrochromosomique, envoyant à chacun des pôles un macrochromosome déjà divisé en long depuis la cinèse précédente. Chacune des cellules nouvelles héritera donc d'un macrochromosome à deux branches. Ces deux branches seront à leur tour dissociées à l'anaphase de la seconde division réductrice, de sorte que les cellules sexuelles définitives ne posséderont plus qu'un seul macrochromosome à branche unique.

Ces faits, dans leurs traits essentiels, sont à rapprocher de ceux déjà signalés par O. Rosenberg chez *Crepis virens* et par E. Strasburger chez *Galtonia*, et qui comportent probablement une explication identique. Cette explication suppose, il est vrai, la persistance des individualités chromosomiques à travers tous les phénomènes karyocinétiques; mais cette supposition n'est pas une hypothèse gratuite; le fait de la persistance individuelle des chromosomes nous paraît établi, dans notre objet, sur des observations qui nous permettent de le regarder comme tout à fait vraisemblable.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du sens de la direction chez les aveugles.* Note (¹) de M. TRUSCHEL, présentée par M. Yves Delage.

On sait que la plupart des aveugles peuvent percevoir, en marchant, des objets (obstacles) qui se trouvent à quelques pas devant eux ou à côté d'eux, ou, étant en repos, ils peuvent s'apercevoir de l'approche des objets, même quand cette approche s'effectue très lentement et sans bruit. Cette perception persiste même quand l'aveugle et l'objet restent complètement au repos.

On a parlé d'un sixième sens, qu'on a aussi appelé le *sens des obstacles*, *la perception faciale*, *Fernsinn*, *Ferngefühl*, *Annäherungsempfindung*, *Orientierungssinn*, etc. Interrogés sur la nature de leurs perceptions, les aveugles se contredisent ou se bornent à ne pas s'expliquer. Quelques-uns comparent la sensation à une ombre ou un voile qui vient couvrir la tête. Ajoutons tout de suite qu'on a rencontré aussi des personnes voyantes qui possèdent, à leur insu, la même faculté.

Voici les opinions de différents auteurs contemporains :

M. Heller, Leipzig (1895) : La réflexion du bruit des pas éveille l'attention, et

(¹) Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

c'est ensuite la pression de l'air sur le front qui détermine la sensation de l'approche.

M. Javal, Paris (1903) ne put recueillir que des explications contradictoires.

M. Kunz, Illzach-Mulhouse (1907) : La pression de l'air joue le rôle principal sinon exclusif; peut-être une part secondaire revient-elle à des sensations de température.

M. Krogins, Saint-Pétersbourg (1907-1908) : La sensation est principalement thermique secondairement auditive.

M. Wœlfflin, Bâle (1908) : La sensation est très probablement une fonction des nerfs sensibles du visage, spécialement du *nervus trigeminus*, mais elle n'est ni tactile ni thermique. C'est peut-être une émanation inconnue des objets.

MM. Zoth (Graz), Ackerknecht (Stettin), Stern (Breslau), Allers (Munich) (les trois premiers, sans avoir fait d'expériences) se rallient à la thèse que j'ai soutenue en 1906-1907 à Strasbourg, et que j'exposerai plus loin. M. Allers eut à traiter un malade aveugle qui souffrait périodiquement de vertiges, d'hallucinations et d'autres troubles dans le domaine de l'attitude totale et des attitudes segmentales, accès dus à une maladie de labyrinthe. Or, pendant chaque accès la sensation en question, bien développée chez cet aveugle, disparaissait et après reparaissait. M. Allers considère ces observations comme une confirmation de la conclusion que j'avais tirée de mes recherches : La sensation repose exclusivement sur des ondes acoustiques réfléchies par les objets; l'organe perceptif en est probablement le labyrinthe.

Au mois de mars de cette année, je repris quelques séries de mes expériences antérieures à l'Institution des Aveugles, à Paris, en présence de M. le Dr Marage et de M. le Censeur de l'Institution.

Expériences. — L'aveugle est assis. J'approche de sa tête une feuille de carton (dim. $38^{cm} \times 48^{cm}$) suspendue à une canne, qui prolonge mon bras. J'approche la feuille de carton (chaque fois d'une manière différente et inattendue pour l'aveugle) très lentement et souvent de haut en bas, de façon que ce soit la tranche qui fende l'air. Cinq aveugles, pris au hasard parmi un grand nombre des élèves, et ensuite un professeur aveugle sont soumis aux expériences suivantes :

1° L'aveugle a la tête nue : il perçoit et localise l'objet distinctement des deux côtés, moins distinctement et avec de fréquentes erreurs par devant, jamais par derrière.

2° L'aveugle se bouche les oreilles avec l'index, les narines avec le petit doigt : il ne perçoit jamais l'objet avant d'être touché.

3° L'aveugle a des tubes de caoutchouc de 3^{cm} de longueur dans les oreilles, ce qui supprime le rôle des pavillons (Marage) : il est incapable de localiser avec sûreté la position de l'objet.

4° La tête de l'aveugle est enveloppée de papier fort : la distance de perception a diminué.

5° La tête est enveloppée d'un capuchon de laine : la distance de la perception a moins diminué que sous l'influence du papier.

6° La tête est enveloppée de toile, alternativement blanche, noire, simple, double, triple, quadruple : la distance diminue, mais la perception n'est pas suspendue.

7° L'aveugle a la tête entourée d'un cylindre de carton descendant presque jusqu'aux épaules : la perception est complètement suspendue. — La pression de l'air ne

peut pas être altérée par ce cylindre, mais comme les parois produisent le même effet que l'objet se trouvant à distance, l'aveugle perçoit uniquement le cylindre.

Quand le sol est couvert de neige ou le plancher d'un tapis, l'aveugle ne s'oriente plus que difficilement ou même pas du tout. De même l'absence de tout bruit dans la salle où se font les expériences supprime la perception des objets qu'on approche de l'aveugle. Par contre l'intensité de la perception augmente d'une manière frappante quand des voitures ou des tramways passent dans le voisinage (pas trop près), ou quand le bruit monotone d'une fontaine, d'un feu vif, de l'eau bouillante, etc., se fait entendre. D'autres expériences antérieures faites avec des objets de perméabilité et de pouvoir absorbant et réfléchissant variés, ont démontré que les rayons calorifiques ne jouent même pas un rôle secondaire. Il va de soi que, pour se diriger, les aveugles, comme tout le monde, utilisent *par occasion* aussi d'autres sensations (mouvement d'air, température, odeurs, etc.), mais celles-ci sont toujours distinctement reconnues comme telles [1].

Objection. — On a prétendu avoir trouvé une personne aveugle sourde-muette, qui possède la même faculté. Je réponds à cette objection : « On rencontre *souvent* des sujets qui entendent les bruits les plus faibles, mais qui sont complètement sourds pour la musique et pour la parole. » (Marage.)

Conclusion. — Tout nous porte à croire que la perception est de nature auditive et qu'elle est produite par le fait que l'objet reçu réfléchit et altère les bruits ambiants.

ANATOMIE. — *Rapports des sacs aériens et des bronches chez les Oiseaux.* Note de M. **Armand Juillet**, présentée par M. Yves Delage.

Campana a décrit très exactement le nombre des orifices qui font communiquer le poumon avec les sacs aériens chez le Poulet. Ces orifices sont pour lui au nombre de sept (deux d'entre eux ont été souvent méconnus depuis son travail) et peuvent être distingués en monobronchiques et polybronchiques suivant qu'ils répondent à une ou plusieurs bronches.

Mais cette description ne suffit pas. Nous distinguerons parmi les orifices des sacs aériens deux catégories bien tranchées : 1° les orifices directs qui font communiquer le sac avec la grosse bronche de laquelle il est né au cours du développement; 2° les orifices récurrents.

---

(1) Voir aussi van Gulik, *Archives néerlandaises*, 2e série, t. VI, p. 287 et suiv.

L'orifice direct du sac cervical est placé sur la première entobronche. Celui du sac interclaviculaire, situé près du bord médial du poumon, appartient au conduit décrit par Campana entre le sac interclaviculaire et le sac diaphragmatique antérieur et doit être rattaché comme l'orifice direct de ce dernier à la troisième entobronche. L'orifice direct du sac diaphragmatique postérieur, formé par un gros conduit né sur la mésobronche, est au contraire placé sur le bord latéral du poumon où il s'ouvre entouré d'autres orifices bronchiques dont on parlera plus loin. Il en est de même pour le sac abdominal dont l'orifice direct répond à la terminaison de la mésobronche.

A côté de ces orifices directs, la plupart des sacs possèdent en outre des orifices récurrents qui établissent une nouvelle communication entre eux et le tissu pulmonaire, par l'intermédiaire de conduits ou de bronches récurrentes qu'il est facile de voir sur le poumon adulte et dont le développement éclaire complètement la nature. Chez les embryons du 9e et du 10e jour, les sacs issus des bronches déjà indiquées à propos de leurs orifices directs, et qui se sont développés, comme l'a bien montré Bertelli, dans l'épaisseur du diaphragme primaire, émettent, généralement à l'opposé de leur conduit direct et par leur face juxtapulmonaire, des bourgeons creux qui s'enfoncent dans le poumon et vont s'anastomoser avec les bronches, en se comportant sous ce rapport comme les bronches elles-mêmes.

En effet, contrairement à ce qui se passe chez les autres Ammiotes, où les ramifications bronchiques restent distinctes et isolées les unes des autres, les bronches des Oiseaux s'anastomosent toujours entre elles et forment, comme le disait Campana, des circuits intrapulmonaires. Les sacs se comportent exactement comme les bronches, puisque, après avoir végété en dehors du poumon, ils rentrent de nouveau dans ce dernier par leurs bronches récurrentes qui participent à la formation des circuits intrapulmonaires.

Les bronches récurrentes manquent au sac cervical. Dans le sac interclaviculaire elles forment un groupe placé sur le bord latéral du poumon au niveau de l'orifice polybronchique signalé en ce point et s'anastomosent avec des bronches venues des deux premières diaphragmatiques (entobronches). Dans le sac diaphragmatique antérieur elles forment également un groupe situé derrière le précédent, dont il n'est séparé que par la membrane commune des deux sacs interclaviculaire et diaphragmatique antérieur. Elles s'étalent à la face ventrale du poumon et forment un circuit avec les bronches externes de la face dorsale sur laquelle leurs anastomoses avec ces dernières sont faciles à voir.

Pour les sacs diaphragmatique postérieur et abdominal les bronches récurrentes, au lieu d'être placées à distance du conduit direct, sont au contraire disposées tout autour de ce dernier. Cela s'explique parce que ces deux sacs ne s'étalent point largement à la surface ventrale du poumon comme le font les autres sacs, mais ne touchent cette surface que sur une étendue très restreinte, à peine supérieure à celle de leur orifice polybronchique. Cette brièveté du contact du sac avec le poumon entraîne nécessairement le rapprochement des bronches récurrentes et du conduit pirect.

Chez l'adulte les bronches récurrentes du sac abdominal sont particulièrement faciles à voir et ont été figurées à diverses reprises sans avoir été interprétées convenablement. Leur nature particulière, bien différente de celle des bronches voisines avec lesquelles elles ont été jusqu'ici confondues, est affirmée non seulement par leur forme (leur calibre est plus grand à leur extrémité distale qu'à leur extrémité proximale, c'est-à-dire inverse de celui des bronches ordinaires), mais par leur développement et par leur structure. En effet elles ont, à leur origine sur les sacs, une structure identique à celle des conduits directs qui mènent dans ces derniers et différente de celle des bronches qui les environnent. Leur paroi est formée par une muqueuse comportant un épithélium cilié avec plis muqueux et un chorion riche en amas lymphoïdes, caractères qui manquent toujours aux bronches ordinaires et ne se rencontrent que dans la portion tout à fait initiale des gros conduits bronchiques, jusqu'au point où ceux-ci s'ouvrent dans les sacs par leur orifice direct.

Les bronches récurrentes jouent certainement un grand rôle dans la respiration. Elles dispersent dans la portion latérale du poumon l'air chassé des sacs aériens au moment de l'effacement de ces derniers. Nous montrerons dans un prochain Mémoire que tout concourt à forcer l'air contenu dans les sacs à passer dans le poumon en sortant de ces derniers. Dans le vol le sac interclaviculaire (grâce à ses prolongements extrathoraciques alternativement distendus et comprimés par les mouvements alaires) joue un rôle capital dans l'appel de l'air extérieur et dans son refoulement à travers le poumon par ses bronches récurrentes et par celles du sac diaphragmatique antérieur avec lequel il communique toujours. Le nombre et la position des orifices peuvent varier suivant les espèces, mais les bronches récurrentes s'observent toujours dans les 14 espèces appartenant à des groupes bien différents que j'ai étudiés.

MÉDECINE. — *De l'immunisation antitoxique par la vaccination antityphique intestinale.* Note de MM. **Jules Courmont** et **A. Rochaix**, présentée par M. Lannelongue.

Nous avons montré (¹) que l'introduction dans l'intestin (par lavements) de cultures tuées de bacilles d'Eberth pouvait vacciner contre l'inoculation d'un bacille d'Eberth virulent.

Quelle est l'immunisation antitoxique des animaux ainsi vaccinés? Nous l'avons recherchée sur le lapin.

1° On administre à des lapins, à 5 ou 6 jours d'intervalle, 3 lavements (longue canule, laudanum) de 100^{cm^3} de vaccin polyvalent (cultures d'Eberth tuées à $+53°$).

15 jours ou 3 semaines plus tard, on leur injecte, dans la veine de l'oreille, quelques centimètres cubes d'une toxine typhique constituée par une culture en bouillon, âgée de 8 jours, tuée à $+53°$ (endo et exotoxine). Des lapins témoins reçoivent des doses égales. Notre toxine tue le lapin de $2^{kg},500$ à 10^{cm^3} ou 15^{cm^3}. Les témoins meurent en quelques heures. Les vaccinés survivent à des doses de 40^{cm^3}, c'est-à-dire à des doses mortelles.

2° La comparaison des symptômes chez les témoins et chez les vaccinés est très intéressante.

Chez les vaccinés : phénomènes presque immédiats (dyspnée intense, diarrhée souvent abondante et même sanguinolente, abattement, abaissement de la température) mais passagers. Au bout de 2 ou 3 heures, les symptômes s'amendent, la température remonte, l'animal est guéri.

Chez les témoins : phénomènes immédiats beaucoup moins marqués; l'animal paraît peu malade; mais, au bout de 2 heures environ, lorsque les vaccinés vont déjà mieux, la diarrhée apparaît et devient de plus en plus abondante, parfois noire, la température baisse; les symptômes vont toujours en s'aggravant, et la mort survient en quelques heures. A l'autopsie, le duodénum est très congestionné, parfois ecchymotique (²).

Il semble que les lapins, vaccinés par la voie intestinale, sont immunisés

---

(¹) J. Courmont et Rochaix, *L'immunisation par voie intestinale. Vaccination antityphique* (*Comptes rendus*, 20 mars 1911).

(²) A rapprocher des anciens travaux de J. Courmont, Doyon et Paviot, *Sur les lésions intestinales dans l'intoxication diphtérique expérimentale aiguë* (*Arch. de Physiologie*, juillet 1895).

contre les toxines du bacille d'Eberth, mais sont anaphylactisés contre d'autres substances contenues dans la culture tuée.

3° Si l'on saigne un lapin ayant reçu 3 lavements de 100^{cm^3} de vaccin, 3 semaines auparavant, on obtient un sérum antitoxique.

On laisse en contact, pendant 2 heures et demie, à l'étuve, ce sérum avec la toxine (culture complète tuée à + 53°). Un sérum de lapin normal sert de témoin. Les lapins qui reçoivent dans le sang le mélange de sérum normal et de toxine ($\frac{1}{3}$ de sérum) succombent. Ceux qui reçoivent, de même, les mélanges de toxine et de sérum de vacciné ($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$) survivent. Un lapin, par exemple, reçoit trois doses mortelles de toxine (30^{cm^3}) additionnées de $1^{cm^3},5$ de sérum de vacciné ($\frac{1}{20}$); il survit.

4° *Conclusions.* — La vaccination antityphique par voie intestinale immunise contre les toxines typhiques (cultures complètes, en bouillon, tuées à + 53°). Le sérum des vaccinés est antitoxiqne.

MÉDECINE. — *Sur un dispositif nouveau, destiné à la documentation médicale et permettant de photographier toutes les lésions de la peau, des muqueuses et des cavités, avec leurs configurations et la valeur de leurs colorations morbides.* Note de M. **Schaller**, présentée par M. Yves Delage.

L'appareil est essentiellement constitué par deux lampes à arc, très petites, placées de chaque côté de l'appareil et faisant corps avec la chambre noire (format 13 × 18).

Chaque lampe comporte un réflecteur de forme pyramidale, dont l'avant est muni d'un cadre où se placent les verres de couleur, destinés à réaliser l'orthochromatisme.

Par les procédés habituels de la photographie, certaines couleurs ne peuvent être enregistrées. Telles sont les colorations rose pâle sur peau blanche : roséoles, érythèmes légers, à peine visibles à l'œil.

D'autres sont absolument transposées : tatouages, ecchymoses, lésions violacées sur peau brune, dont l'ensemble vient en gris sur l'épreuve.

Les verres teintés, convenablement choisis, placés devant les lampes, permettent de fixer la valeur des diverses colorations, tout en se servant de plaques ordinaires. Les couleurs les plus employées pour la dermatologie seront :

Violet, pour la description du jaune;

Vert-bleuté, pour le blanc rosé ou rose pâle;

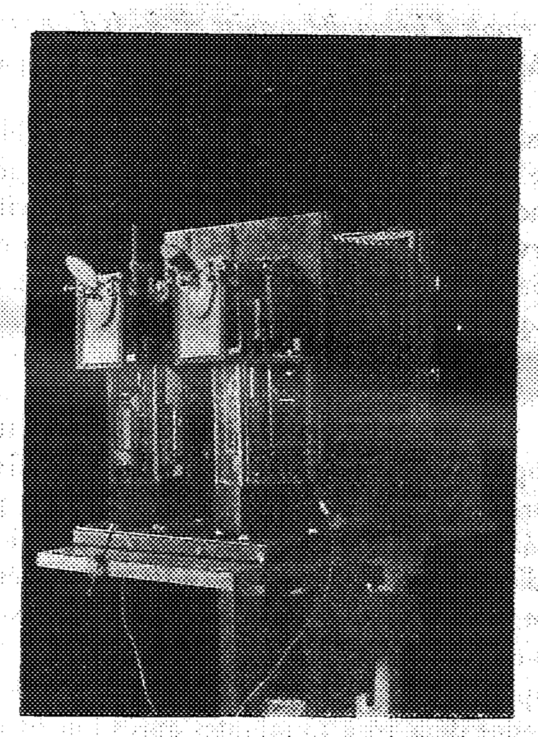
Jaune, pour le bleu et le violet;

Rose, pour atténuer le contraste des reconstitutions d'épiderme.

Par le même procédé, les plaques autochromes sont employées sans l'écran spécial.

L'éclairage des cavités s'obtient par le rapprochement des deux lampes contre l'objectif.

Spécialement pour la bouche, la lumière est dirigée par deux trous, sur deux miroirs ovales qui la renvoient au point voulu, le reste de la figure étant faiblement éclairé pour ne pas incommoder le malade, ni blesser les organes de la vue.



Un arrangement stéréoscopique complète l'appareil, dans le cas où le relief a une importance spéciale.

En résumé, les avantages de ce procédé sont les suivants :

Simplicité d'installation sans atelier spécial ;

Exécution à toute heure de clichés en noir ou en couleurs ;

Travaux rapides : enfants, sujets nerveux, en $\frac{1}{10}$ de seconde ;

Extension du champ photographique, par l'éclairage direct et l'exploration des cavités ;

Augmentation de la valeur du document médical par la description des colorations.

Les lampes, séparées de l'appareil, peuvent servir à d'autres usages : lampes d'exploration, éclairage du microscope, etc. Elles sont construites à régulateur d'horlogerie et à point fixe de lumière.

Le courant se prend sur une monture quelconque de lampe d'appartement. Deux rhéostats couplés permettent de faire varier l'intensité de la lumière, à la volonté de l'opérateur.

MÉDECINE. — *Exemple d'immunité acquise vis-à-vis d'une toxine vermineuse.* Note de MM. WEINBERG et A. JULIEN, présentée par M. ROUX.

Des recherches antérieures ([1]) nous ont permis d'établir que le liquide péri-entérique de l'*Ascaris megalocephala* est toxique pour le cheval. Nous avons multiplié nos expériences, afin de préciser la gravité et la fréquence des lésions observées et surtout pour rechercher si les chevaux porteurs d'Ascarides peuvent acquérir à la longue une certaine immunité, vis-à-vis des produits toxiques sécrétés par ces parasites.

Nos expériences ont porté sur 220 chevaux. Nous leur avons instillé dans l'œil du liquide péri-entérique d'Ascaride recueilli stérilement.

Les deux tiers des chevaux, 145 sur 220, ont réagi à cette instillation par l'œdème des paupières et la congestion de la conjonctive, accompagnée quelquefois de larmoiement. D'autres fois, la réaction fut plus grave. Ainsi, 30 chevaux sur 145, qui ont présenté une ophtalmo-réaction, ont été pris en même temps de diarrhée intense. 10 fois, cette diarrhée était accompagnée de dyspnée et de sueurs profuses. Ces phénomènes graves ont été surtout observés chez les chevaux maigres et débiles.

La réaction apparaît très rapidement. Le plus souvent, l'œdème des paupières commence déjà 10 à 15 minutes après l'instillation. La réaction est en général à son maximum au bout d'une demi-heure et disparaît en quelques heures; on retrouve rarement l'œdème le lendemain.

Comme le montre le Tableau ci-contre, la première série d'expériences, dans laquelle les chevaux n'ont reçu que quelques gouttes de liquide ascaridien, nous a donné le minimum des réactions (5 sur 16). Dans les expériences ultérieures, les chevaux ont reçu dans l'œil de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de produit toxique. La proportion de réactions semble dépendre de l'activité du liquide péri-entérique. Nous avons obtenu le plus grand pourcentage de

([1]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. LXX, 1911, p. 337.

réactions, lorsque nous nous sommes servis de liquide péri-entérique frais et très actif ([1]).

Date de l'expérience. 1911.	Nombre de chevaux en expérience.	qui ont réagi.	Le liquide péri-entérique employé.
25 février.....	16	5	Frais.
2 mars.......	22	17	Frais.
4 »	13	12	Frais.
7 »	17	12	Frais.
11 »	13	10	Frais.
14 »	15	11	Conservé en tubes fermés depuis 8 jours.
16 »	31	23	Conservé en tubes fermés depuis 5 jours.
18 »	20	15	Conservé en tubes fermés depuis 12 jours.
21 »	22	12	Conservé en tubes bouchés depuis 6 jours.
23 »	31	25	Frais, très actif.
28 »	20	9	Mélange de liquides de différ. provenances.
Total.......	220	145	

Tous les chevaux qui ont servi à nos expériences ont été abattus.

Leur autopsie nous a permis de constater que 12 chevaux seulement (sur 220) ont été trouvés complètement indemnes de parasites. Sur ce nombre, 10 ont réagi à l'instillation de liquide péri-entérique, et même 5 fois l'ophtalmo-réaction était accompagnée de diarrhée.

52 chevaux ont été trouvés porteurs d'Ascarides. 31 de ceux-ci avaient dans leur intestin grêle de 1 à 3 parasites; il s'agissait presque toujours de jeunes parasites. Chez ces chevaux, 16 fois la réaction fut positive.

A l'autopsie des autres 21 chevaux, il a été trouvé de 4 à 200 Ascarides (200, intestin grêle; 60, intestin grêle et un grand nombre dans le cæcum; 60, intestin grêle; 40, intestin grêle; 30; 20; 19; 15, intestin grêle et un très grand nombre dans le cæcum; 15; 11; 10; 10; 10; 10; 7; 5; 5; 5; 4; 4; 4). Or, un seul cheval, dans l'intestin grêle duquel nous avons trouvé une soixantaine de parasites, a réagi par une légère tuméfaction des paupières à une instillation abondante de liquide péri-entérique.

Ces faits nous autorisent, croyons-nous, à penser que les chevaux infestés par un certain nombre d'Ascarides s'immunisent petit à petit contre l'action des produits sécrétés par ces parasites.

Parmi les 75 chevaux qui n'ont pas réagi à l'instillation du liquide péri-entérique 35 ont été trouvés porteurs d'Ascarides. Il est possible que les

---

([1]) Conservé à la glacière, en tubes fermés, le liquide péri-entérique garde assez longtemps (au moins une douzaine de jours) toute son activité.

40 autres chevaux puissent être groupés en deux catégories: la première compterait des individus naturellement réfractaires à l'action de la toxine ascaridienne; les chevaux de la deuxième catégorie seraient d'anciens porteurs d'Ascarides.

Nous avons, en effet, observé très souvent dans le gros intestin du cheval un grand nombre d'Ascarides dont l'animal se débarrasse en bloc sous l'influence d'un changement de régime.

Nous nous sommes demandé si les phénomènes graves (dyspnée, diarrhée, etc.) que nous avons observés chez un certain nombre de nos chevaux ne relevaient pas de l'anaphylaxie. Il se pourrait en effet que ces chevaux eussent été sensibilisés par des produits toxiques d'un Ascaride qui n'aurait fait qu'un court séjour dans leur intestin grêle.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons saigné des chevaux avant l'instillation de liquide péri-entérique et nous n'avons retenu pour nos expériences que le sérum de 8 chevaux. Deux de ces chevaux ont présenté une réaction oculaire et une diarrhée intense; deux autres seulement une ophtalmo-réaction. Les quatre derniers n'ont pas réagi; un de ceux-ci était trouvé porteur d'un grand nombre d'Ascarides.

Les expériences d'anaphylaxie *in vitro*, d'après la méthode de M. Ch. Richet, ont donné des résultats négatifs. Nous avons eu le même insuccès avec des cobayes préparés par injection intrapéritonéale de sérum de ces chevaux et éprouvés au bout de 36 à 48 heures avec un liquide périentérique très actif.

ZOOLOGIE. — *Sur la conjugaison des Infusoires ciliés.* Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. Yves Delage.

La réalité des plus belles découvertes, de celles qui sont le mieux établies, se trouve parfois remise brusquement en question : c'est ce qui vient de se produire au sujet de la reproduction sexuelle des Infusoires ciliés, découverte par Maupas (¹).

Nous avons pensé qu'il était utile, dans ces conditions, de ne pas différer davantage la publication des résultats que nous avons obtenus en étudiant à diverses reprises, et chez plusieurs espèces, les conditions de cette reproduction sexuelle.

(¹) A. Dehorne, *La non-copulation du noyau échangé et du noyau stationnaire dans la conjugaison de* Paramecium caudatum (*Comptes rendus*, 27 mars 1911).

Nous prendrons comme type le *Colpoda cucullus*, non seulement parce que cette espèce nous a fourni tous les stades qui précèdent ou accompagnent la fécondation, mais aussi pour la raison que Hoyer, en 1899, a contesté chez ce *Colpoda* l'existence d'une fusion des noyaux sexuels (1).

La conjugaison se produit suivant le schéma indiqué par Maupas, en ce qui concerne le nombre des divisions nucléaires et l'ordre dans lequel elles se produisent.

Les deux premières divisions du micronucléus sont caractérisées par la richesse des noyaux en chromatine : celle-ci est répartie en fines granulations dont le nombre est variable aux différents stades et qui sont indépendantes les unes des autres ou associées en chaînettes. Ces deux divisions se distinguent aussi des suivantes par la longueur inusitée du fuseau à l'anaphase : celui-ci s'étend d'une extrémité à l'autre du corps sous forme d'un ruban chromatique finement granuleux, entouré complètement d'une membrane nucléaire dont il est séparé par un intervalle incolore.

Des quatre noyaux ainsi formés dans chaque individu conjugué, trois entrent immédiatement en dégénérescence et le quatrième se divise pour fournir un noyau stationnaire ou femelle et un noyau migrateur mâle.

Le fuseau, à cette division (*fig.* 1), n'occupe que la moitié de l'axe : il s'étend du macronucleus médian jusqu'au voisinage de la partie frontale où se trouve une communication directe entre le cytoplasme des deux individus en conjugaison.

Il est facile de voir qu'au moment de la rupture du connectif les noyaux provenant de cette troisième division, d'abord piriformes, ne tardent pas à prendre un contour ovale ou elliptique; dans chacun d'eux, on distingue un paquet de fibrilles dirigées suivant le grand axe et au nombre de six à huit environ; les deux noyaux migrateurs occupent l'extrémité frontale de chaque individu : les deux noyaux stationnaires restent ordinairement au voisinage de chacun des macronucleus; il n'existe aucune différence de structure appréciable entre les noyaux migrateurs mâles et les noyaux stationnaires femelles.

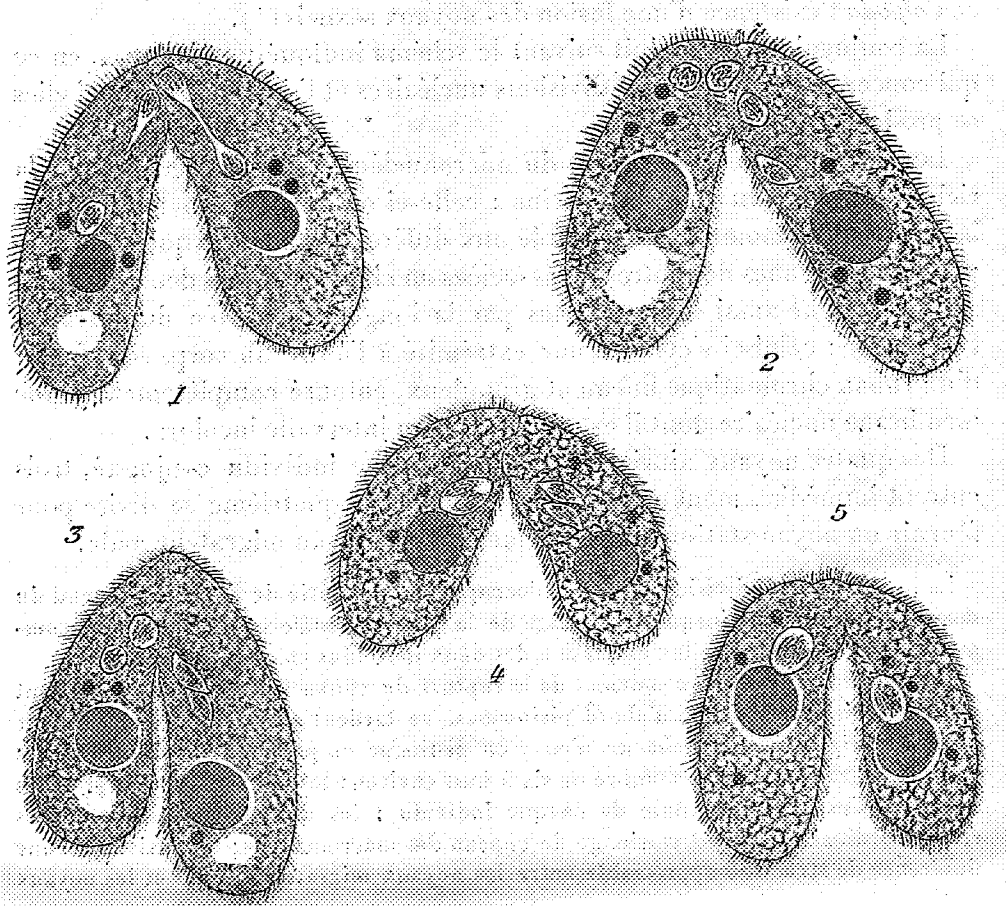
Les deux noyaux mâles passent réciproquement d'un individu dans l'autre; ils conservent, pendant cette migration, leur aspect fibrillaire (*fig.* 2); chacun d'eux vient alors se placer parallèlement au noyau femelle correspondant et la fusion s'opère rapidement (*fig.* 3); les deux paquets de fibrilles de chaque noyau restent encore quelque temps distincts sous l'enveloppe commune (*fig.* 4); mais bientôt cette distinction s'efface et le noyau double de copulation n'est reconnaissable qu'à son volume et au plus grand nombre de ses fibrilles (*fig.* 5).

Fréquemment, la fusion des deux noyaux copulateurs ne se produit pas

---

(1) Hoyer, *Ueber das Verhalten der Kerne bei der Conjugaison* (*Arch. f. m. Anat.*, Bd. LIV, 1899).

exactement au même moment à l'intérieur des deux conjugués; elle est parfois achevée dans l'un, alors qu'elle n'est même pas commencée dans le second (*fig.* 4); on trouve d'ailleurs tous les intermédiaires.



On voit qu'il n'est pas possible d'envisager, même à l'état d'hypothèse, la dégénérescence du noyau stationnaire, alors que le noyau de fécondation ne serait autre chose qu'un noyau migrateur à extrémité entaillée.

Le noyau double de copulation va subir encore deux divisions successives avant la séparation des individus conjugués : elles ne diffèrent pas sensiblement, surtout la dernière, de la division ordinaire du micronucleus lors des bipartitions végétatives de l'Infusoire.

Il est bien difficile, à notre avis, de ranger la division nucléaire des Infusoires ciliés dans la téléomitose; sans doute, nous avons bien vu à l'anaphase, surtout dans les divisions qui précèdent ou qui suivent la copu-

lation chez le *Colpoda* et aussi au moment de l'union des deux noyaux sexuels, des fibrilles qui pourraient être assimilées à des chromosomes : mais que signifieraient, en ce cas, les nombreux granules chromatiques qui remplissent le long cordon nucléaire au stade de la métaphase? Il faudra peut-être se résoudre, ainsi que nous l'avons dit il y a longtemps, à ne voir dans la division du noyau des Infusoires ciliés qu'un cas d'haplomitose, rappelant d'assez près celui qui nous est offert par les Eugléniens et les Péridiniens (¹).

Quoi qu'il en soit, en présence de la conclusion formulée par Dehorne « que la conjugaison des Infusoires envisagée au point de vue nucléaire se ramène à un échange pur et simple du micronucleus entre les deux conjoints », nous avons cru devoir confirmer et préciser, dans un cas particulier, la théorie de Maupas, la réalité d'une fusion des noyaux et par conséquent l'existence d'une véritable fécondation.

GÉOLOGIE. — *Sur les caractères distinctifs des brèches provenant de l'érosion et des brèches provenant du charriage, dans le Péloponèse.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans mes dernières Notes à l'Académie, j'ai signalé l'importance des brèches à fragments triasiques et crétacés avec Nummulites dans le Péloponèse et même dans la Grèce continentale. Ces brèches, provenant du démantèlement à la fin de l'époque crétacée et probablement aussi au commencement de l'époque éocène, des couches préexistantes, sont des brèches d'érosion, submergées et agglomérées à l'abri du flot, à une profondeur de la mer suffisante pour cela, comme le prouvent les angles vifs des fragments qui les composent. Elles sont fortement cimentées et présentent des fragments de roches, que l'on ne trouve plus en place, particulièrement en ce qui concerne les fragments calcaires. Elle peuvent, il est vrai, se trouver dans le soubassement de la nappe, près du contact, mais aussi à des profondeurs où la nappe n'aurait pu produire d'effet sensible, comme à Kamari (Corinthie), où elles sont intercalées dans des grès schisteux, surmontés de la formation des calcaires en plaquettes sur 300ᵐ environ. Souvent, on les retrouve à l'état de blocs isolés au-dessus de la nappe, seul vestige de la formation calcaire qui surmontait les jaspes de la nappe.

(¹) P.-A. Dangeard, *Mémoire sur les Eugléniens* (*Le Botaniste*, 8ᵉ série).

D'autre part dans mes Notes à l'Académie du 21 décembre 1908 et 21 juin 1909, j'avais signalé l'existence dans le Péloponèse de brèches dues au charriage. Nous devons donc aujourd'hui donner les caractères distinctifs de ces dernières brèches. Elles se présentent tantôt comme brèches de friction, au contact de la nappe et du soubassement, et sont alors formées des éléments des couches en contact : c'est ce qui arrive, par exemple, au mont Ithôme, où le calcaire lithographique de la nappe arrive au contact du calcaire nummulitique du soubassement; les fragments de la brèche sont alors de dimensions très variables, ainsi que sa puissance qui peut varier de quelques centimètres, à plusieurs mètres et quelquefois à plusieurs dizaines de mètres. Mais, lorsque la nappe a recouvert des couches marneuses plastiques, alternant avec des couches calcaires résistantes, les circonstances sont tout autres. Les couches marneuses ne présentent rien de particulier, tandis que les couches calcaires résistantes ont un facies spécial amygdaloïde très caractéristique. Dans une masse d'apparence homogène compacte ou cristalline plus foncée sont disséminés des fragments anguleux lithographiques de couleur plus claire. Il semble que la roche, sous l'effort des pressions qu'elle a supportées, aurait été porphyrisée, sauf quelques fragments que les parties porphyrisées les premières auraient protégés; la masse porphyrisée aurait cristallisé plus tard, en conservant intacts les fragments lithographiques anguleux. C'est à cette conclusion que nous conduisent certains échantillons de roche, présentant le facies lithographique et le facies cristallin, séparés par une limite légèrement ondulée.

Ces brèches se rencontrent partout où l'on observe des lambeaux de la nappe; c'est ainsi qu'elles se présentent sur le mont Ptéri, au nord duquel la nappe est conservée dans une fosse d'effondrement, et formée de jaspes avec calcaires superposés. On les retrouve plus au Sud, au-dessus de Kyritsova, contre la gorge du Selinus, et au-dessous apparaît la nappe composée de même et conservée encore dans un effondrement. On les retrouve sur le mont Barbas, avant-mont du Voidias, qui présente encore la nappe à l'Est, en face du mont Ptéri, formant une espèce de synclinal entre ces deux montagnes. On les retrouve à Agriokampos, entre le mont Barbas et le mont Voidias, et ici encore la nappe apparaît conservée dans un effondrement au nord d'Agriokampos, et formée de jaspes avec blocs calcaires au-dessus, vestiges de la partie supérieure de la nappe. Les mêmes brèches à Sopoto, dans la province de Kalavryta, alternent plusieurs fois avec des bancs marneux, et l'on aperçoit encore ici les jaspes de la nappe sur tous les sommets voisins. Elles se présentent encore le long de la route de

Patras à Kalavryta alternant avec des bancs marneux, particulièrement près du *Chani de Papantoni*, et l'on ne tarde pas à trouver au delà du Chani les jaspes de la nappe, qui plus loin avant Vlassia sont complètement fragmentés. Enfin ces brèches se retrouvent sur le continent dans le coude formé par le Mornos avant qu'il se jette dans le golfe de Corinthe, et l'on a encore ici les vestiges de la nappe à l'état de jaspes fragmentés et des nombreuses surfaces de discontinuité, portant aussi des fragments de jaspe.

La coïncidence de ces brèches avec la présence de la nappe et leur composition nous obligent à admettre que ce sont bien des brèches dues au charriage, elles appartiennent d'ailleurs au complexe éocène.

OCÉANOGRAPHIE. — *Carte bathy-lithologique de la côte du golfe du Lion entre l'embouchure de la Têt et Gruissan.* Note de M. **J. Thoulet**.

Après les deux feuilles 5172 et 1167 de la Marine, achevée l'année dernière, j'ai pu terminer cette année la troisième feuille, n° 1166, du golfe du Lion s'étendant de l'embouchure de la Têt à Gruissan. La bathymétrie y est tracée en courbes isobathes de 2^m, 5^m, 10^m, 20^m, 30^m, 40^m, 50^m, 60^m et 70^m ainsi que les diverses aires lithologiques d'après la classification purement minéralogique des fonds que j'ai exposée à plusieurs reprises. Les sondages n'ont que rarement dépassé la profondeur de 50^m; leur nombre a été de 86 disposés aussi régulièrement que possible sur une surface de 123 milles carrés, ce qui donne la valeur 0,70 pour densité de sondages en désignant ainsi le nombre moyen de sondages par mille carré. L'analyse mécanique de chaque échantillon a été faite ainsi que le dosage du carbonate de chaux. La récolte des échantillons avait été effectuée au mois de juin 1910 à bord du vapeur garde-pêche *Girelle*, du port de Cette et du vapeur *Roland*, appartenant au laboratoire maritime de Banyuls, qui avaient été obligeamment mis à ma disposition, le premier par le Ministère de la Marine, le second par MM. Pruvot et Racovitza, directeur et sous-directeur de la station.

Le long de cette côte plate, les aires isobathes et les aires lithologiques sont régulièrement disposées en zones parallèles. Au cap Leucate, le courant méditerranéen, buttant contre le promontoire assez abrupt vers la mer et contre son prolongement rocheux sous-marin, s'écarte de terre et, l'obstacle franchi, continue sa route vers le Sud sans approcher autant

du rivage qu'il le faisait auparavant. Il en résulte qu'en aval de Leucate le sable vaseux s'effile en une bande longue de 5 milles environ sur $\frac{1}{2}$ mille à 1 mille de largeur, bordée à l'Est et à l'Ouest, correspondant à des eaux plus tranquilles, de bandes de vase très sableuse, puis de vase sableuse, et enfin par la vase proprement dite. A la hauteur de l'embouchure de l'Agli jusqu'un peu au-dessous de l'embouchure de la Têt, à la limite inférieure de la feuille, l'écartement de terre et l'élargissement du courant sont maxima et se manifestent par un élargissement maximum du dépôt de vase sableuse au milieu du groupe de roches sous-marines désignées sous les noms de banc de Saint-Laurent, roc de Terre, roche de la Têt, roche du Géomètre, roche Vidal et roche Launier.

La teneur en carbonate de chaux des divers sédiments s'affaiblit, du Nord au Sud, contre le bord immédiat du rivage, mais augmente en s'écartant de plus en plus de terre, à mesure qu'on s'éloigne davantage des embouchures de l'Hérault et de l'Aude. Elle ne dépasse cependant guère 27 à 28 pour 100. Ce fait peut être attribué d'abord à l'absence de coquilles; en second lieu, à ce que le carbonate de chaux des fonds provient dans cette région moins des coquilles, même amenées d'une certaine distance, et des apports continentaux à peu près nuls le long d'une côte bordée d'étangs et où ne débouche aucun fleuve, que des résidus d'érosion calcaires déversés à la mer par l'Hérault et par l'Aude. Or le calcaire géologique ancien qui, par suite de sa porosité, possède une densité inférieure à celle du quartz, à grains d'égales dimensions, obéit mieux que ce dernier minéral à l'impulsion du courant; en d'autres termes, il est entraîné par un courant plus faible et par conséquent ne se dépose qu'à une profondeur plus considérable, dans des eaux plus calmes, c'est-à-dire plus loin de terre. Il se fait dans ces conditions, par rapport au point d'origine, une sédimentation en éventail divergeant de la côte qui mérite d'attirer l'attention à cause de la lumière qu'elle est susceptible de jeter sur certaines conditions de genèse de calcaires géologiques dont, inversement, la teneur en sable quartzeux augmente à mesure que leur gisement ancien était plus voisin du rivage.

M. R. **Petroff** adresse une Note relative à l'*Analyse de l'essence de roses*.

(Renvoi à l'examen de M. Haller.)

M. **Henri de Sarrauton** adresse une *Notice sur les repères d'aviation*.

(Renvoi à la Section de Géographie.)

M. PAUL RICHY adresse un Mémoire intitulé : *La Cinématographie des couleurs.*

(Renvoi à l'examen de M. Lippmann.)

M. J. OLIVE adresse une Note intitulée : *Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'Établissement d'aviation de Vincennes.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 10 AVRIL 1911.

Institut de France. Académie des Sciences. *Legs fait à l'Académie des Sciences, par M. A.-T. Loutreuil.* (Extr. des *Comptes rendus*, t. 152, p. 643, séance du 6 mars 1911.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Associazione internazionale delle Accademie. *Relazione delle adunanze tenute in Roma dall' Associazione internazionale delle Accademie nei giorni* 9-15 *maggio* 1910, *nella sede della R. Accademia dei Lincei.* Rome, 1911; 1 fasc. in-4°.

Mathematical and physical Papers. Tome V : *Thermodynamics. Cosmical and geological physics. Molecular and crystalline theory. Electrodynamics*, by sir WILLIAM THOMSON, baron KELVIN; arranged and revised with brief annotations, by sir JOSEPH LARMOR. Cambridge, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Ministère de l'Instruction publique. *Annales du Bureau central météorologique de France*, publiées par A. ANGOT, Directeur du Bureau central météorologique. Année 1906 : I. *Mémoires.* Année 1908 : II. *Observations;* III. *Pluies.* Paris, Gauthier-Villars, 1910; 3 vol. in-4°. (Hommage de M. Darboux, président du Conseil d'administration du Bureau central météorologique.)

Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), publiées sous la direction de M. L. JOUBIN. Tome II. Fasc. 2 : *Structure anatomique des Mélobésiées.* Application à la classification, par Mme PAUL LEMOINE. Fasc. 3 : *Les récifs de coraux et les Madréporaires de la baie de Tadjourah* (golfe d'Aden), par CH. GRAVIER. Paris, Masson et Cie, 1911; 2 fasc. in-4°.

Contribution à l'étude des relations existant entre les circulations atmosphé-

riques, l'électricité atmosphérique et le magnétisme terrestre, par ALFRED VIALAY. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lemoine, pour un des Concours de 1912.)

Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, fondé par ALFRED GIARD; Tome XLIV : *Bibliographia Evolutionis;* première année, 1910. Paris. Paul Klincksieck, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Yves Delage.)

Essai sur les origines de la Méditerranée. Nouvelle méthode de géographie et de cartographie, par le commandant BOULANGIER. Paris, Société d'Éditions scientifiques, 1910; 1 vol. in-8°.

Report of solar eclipse Expedition to Port Davey, Tasmania, mai 1910, by F.-K. MC CLEAN, and others. Londres, Richard Clay et fils, s. d.; 1 vol. in-4°.

A dictionary of plant names, by H.-L. GERTH VAN WIJK, published by the Dutch Society of Sciences. Haarlem, 1910; 2 vol. in-4°.

Report on the progress of Agriculture in India, for 1909-1910, by BERNARD COVENTRY. Calcutta, 1911; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Colmar; nouvelle série, t. X, années 1909 et 1910; Colmar, Decker, 1910; 1 vol. in-8.

Archivos de Pedagogia y Ciencias afines. Director : V. MERCANTE; tomo VIII, n° 23, marzo 1911. La Plata; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 20 mars 1911.)

Note de M. Le Goff, *De la mortalité chez les diabétiques à Paris et dans le département de la Seine :*

Page 796, ligne 3 en remontant, *au lieu de* l'émulsine, *lire* l'invertine.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 18 AVRIL 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en apprenant à l'Académie la mort d'un de ses Correspondants dans la Section de Physique, *Jean Bosscha*, Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, décédé le 15 de ce mois, s'exprime en ces termes :

M. J. Bosscha avait publié de nombreux travaux de Physique sur les questions fondamentales d'électricité : la polarisation électrique, les lois des courants dérivés, la mesure des forces électromotrices, la téléphonie.

Il démontrait le premier, en 1855, la possibilité de transmettre simultanément plusieurs dépêches par le même fil.

Il fut l'un des fondateurs de la Métrologie électrique actuelle.

Je pense que l'Académie se joindra aux savants hollandais, ses compatriotes, et à ses nombreux amis pour exprimer le regret que lui cause cette perte.

BOTANIQUE. — *Place des Triuracées dans la classe des Monocotyles.* Note de M. **Ph. van Tieghem**.

Formée par les deux genres Triure (*Triuris* Miers) et Sciaphile (*Sciaphila* Blume), assez hétérogènes l'un et l'autre pour mériter d'être subdivisés, et renfermant ensemble une trentaine d'espèces toutes tropicales, la famille des Triuracées se compose, comme on sait, de petites herbes humicoles dépourvues de chlorophylle, dont la tige grêle porte des feuilles isolées réduites à des écailles.

On s'accorde généralement aujourd'hui à la ranger dans la classe des Monocotyles. Il faut avouer toutefois, puisque l'embryon, réduit à un petit nombre de cellules, y est homogène et que le mode d'exfoliation de la coiffe de la racine y est encore inconnu, que cette place, toute probable qu'elle est, demeure quelque peu incertaine. Aussi le botaniste danois qui a le plus approfondi l'étude de ces plantes, M. Poulsen, a-t-il laissé indécise, en 1890 et encore en 1906, la question de savoir s'il faut les rattacher aux Dicotyles, à côté des Renonculacées, ou aux Monocotyles, à côté des Alismacées. Admettons pourtant que ce soient réellement des Monocotyles, quelle situation convient-il de leur attribuer aujourd'hui à l'intérieur de ce vaste groupe?

M'appuyant sur un premier travail de M. Poulsen, publié en 1886, j'ai admis, en 1901, que l'ovule des Triuracées a un nucelle persistant jusqu'au moment de la formation de l'œuf et entouré d'un seul tégument, qu'il est, en un mot, perpariété unitegminé. Aucune autre Monocotyle n'offrant cette conformation ovulaire, j'ai dû alors établir dans la classe, pour cette seule famille, un ordre à part sous le nom de Triurinées (1). Cette manière de voir a été maintenue en 1906 (2).

Un récent travail d'un botaniste suisse, M. H. Wirz, me conduit aujourd'hui à la modifier profondément (3). L'auteur y montre, en effet (p. 430, *fig.* 16), que l'ovule des Sciaphiles a un nucelle transitoire, entièrement résorbé au moment de la formation de l'œuf, et deux téguments, dont l'interne, où le micropyle s'oblitère de bonne heure, a été pris pour un nucelle par M. Poulsen dans son travail de 1886, et plus récemment encore par M. Engler en 1909 (4). En un mot, l'ovule de ces plantes est, en réalité, transpariété bitegminé, comme celui des Phénicinées. C'est

(1) *L'œuf des plantes considéré comme base de leur classification* (*Ann. des Sciences nat.*, 8e série, *Bot.*, t. XIV, 1901, p. 299).

(2) *Éléments de Botanique*, 4e édition, II, 1906, p. 263. — C'est cette conformation de l'ovule, unique chez les Monocotyles tandis qu'elle est assez fréquente chez les Dicotyles, qui m'avait conduit, dans la 3e édition de mes *Éléments*, publiée en 1898, à ranger les Triuracées dans la classe des Dicotyles, où elles prenaient place dans l'ordre des Séminées Unitegminées et dans le sous-ordre des Cératophyllinées, à côté des Cératophyllacées (II, 1898, p. 322).

(3) HANS WIRZ, *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte von Sciaphila* (*Flora*, t. CI, Heft 4, novembre 1910, p. 418). Ce travail a été exécuté au laboratoire de l'Université de Zurich.

(4) ENGLER, *Bot. Jahrb.*, t. XLIII, 1909, p. 307, *fig.* L.

donc dans cet ordre que les Triuracées doivent désormais prendre place. Le périanthe y étant indépendant du pistil, ce qui laisse l'ovaire supère, c'est dans l'alliance des Phénicales, à côté des Aracées et des Phénicacées ou Palmiers, que la famille doit être rangée. Par la végétation humicole, l'absence de chlorophylle et la réduction de l'embryon indifférencié, elle y occupera une place correspondante à celle des Burmanniacées dans l'alliance des Orchidales.

En conséquence, il y a lieu de supprimer comme tel l'ordre des Triurinées, ce qui réduit la classe des Monocotyles à deux ordres seulement : celui des Liliinées, où l'ovule est perpariété bitegminé, et celui des Phénicinées, où il est transpariété bitegminé. C'est ainsi que tout progrès marqué dans la connaissance de la structure de l'ovule des Ovulées en entraîne aussitôt un autre dans la classification de ces plantes.

Remarquons, en terminant, que M. H. Wirz, en établissant que chez les Sciaphiles les grains de pollen se forment dans la cellule mère par deux bipartitions successives et non par une quadripartition simultanée (1), a apporté un nouvel argument en faveur de la nature monocotylée des Triuracées. Par là, en effet, elles se montrent voisines des Métadiodées, comme les Monocotyles, et non des Homoudiodées, comme les Dicotyles (2). Pour achever la démonstration, il faudrait encore étudier la structure du sommet de la racine de ces plantes et s'assurer que l'épiderme s'y exfolie tout entier dans la coiffe, de manière que l'assise pilifère y procède de l'assise la plus externe de l'écorce, en un mot qu'elles sont liorhizes, comme toutes les Monocotyles. C'est ce qui n'a pas pu être fait, jusqu'à présent, faute de matériaux appropriés.

M. E.-L. **Bouvier** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de l'auteur, M. Magnin, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Besançon, un très intéressant Ouvrage publié sous les auspices de la *Société d'émulation du Doubs* et intitulé *Charles Nodier naturaliste*.

Dans une Préface que j'ai eu la satisfaction d'écrire pour cet Ouvrage, je crois avoir exprimé l'opinion de M. Magnin sur Charles Nodier naturaliste : l'illustre écrivain franc-comtois n'était pas moins bien doué pour les

---

(1) *Loc. cit.*, p. 424.

(2) *L'œuf des plantes* (*loc. cit.*, 1901, p. 286 et 297).

sciences que pour les lettres; entraîné vers celles-ci par les circonstances, il conserva aux premières un culte passionné qui se manifeste dans tous ses Ouvrages et leur donne une saveur toute particulière. « Cette association parfaite, cette sorte de symbiose de la science et de la littérature, est le caractère dominant de l'illustre écrivain; elle méritait d'être mise en évidence, et ce but a été poursuivi par M. Magnin avec un entier succès. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification catalytique des alcools par les acides forméniques : cas de l'acide formique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

Nous avons indiqué antérieurement que certains oxydes catalyseurs, *oxyde titanique*, *oxyde de thorium*, permettent de réaliser très rapidement vers 280°-300° l'éthérification directe des divers alcools primaires par les acides forméniques monobasiques [1]. A ces températures, la limite d'éthérification qui, en l'absence de catalyseur, ne serait atteinte qu'avec une lenteur plus ou moins grande, l'est au contraire dans le temps très court que le mélange des vapeurs d'alcool et d'acide met pour traverser le tube à oxyde.

Nous avons reconnu que l'activité catalytique des oxydes se continue, en s'affaiblissant peu à peu, à des températures beaucoup plus basses, où la stabilité des acides et des alcools est à peu près parfaite.

La supériorité de l'*oxyde titanique*, TiO^2, sur l'*oxyde de thorium* apparaît très nettement dans ces conditions. Ainsi, en opérant avec molécules égales d'éthanol et d'acide acétique, dont les vapeurs sont soumises à une colonne de 50^cm d'oxyde, et envoyées à raison de $\frac{1}{5}$ molécule, ou $\frac{106}{5}$ grammes par heure, nous avons obtenu comme proportion d'éthérification :

Sur l'oxyde de thorium :

	Pour 100.
A 150°	11
A 170°	26
A 230°	45

Sur l'oxyde titanique :

	Pour 100.
A 150°	20
A 230°	60

(1) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 494.

Le pouvoir catalyseur de l'oxyde titanique se conserve d'ailleurs indéfiniment; nous ne l'avons pas trouvé diminué après plus de 20 jours d'essais sur des mélanges variés d'acides et d'alcools.

L'*acide formique* étant lui-même à peu près stable à ces températures, son éthérification, que nous avions précédemment considérée comme irréalisable par catalyse (*loc. cit.*, p. 497), parce que nous opérions vers 300°, est très facile à obtenir. En opérant avec molécules égales d'éthanol et d'acide formique, distribuées par le même tube capillaire, le volume moléculaire total 92^{cm^3} est moindre que celui du mélange examiné plus haut, et traverse le tube plus vite que ce dernier. Malgré cette condition défavorable, nous avons obtenu comme proportion éthérifiée sur l'oxyde titanique :

	Pour 100.
A 120°	47
A 150°	65

La limite d'éthérification est déjà presque atteinte à 150°, où la destruction de l'acide en produits gazeux ne commence à se manifester que dans une proportion négligeable.

On arrive pratiquement à préparer les *éthers formiques* en faisant passer sur l'oxyde titanique à 150° le mélange d'acide formique avec un excès de l'alcool qu'on veut éthérifier. L'oxyde de thorium employé entre 200° et 220°, conduit à un résultat non moins satisfaisant. Nous avons ainsi préparé facilement les *formiates* de *méthyle*, d'*éthyle*, de *propyle*, de *butyle*, d'*isobutyle*, d'*isoamyle*, de *benzyle*.

En opérant sur l'oxyde titanique avec des mélanges équimoléculaires d'alcools d'acides forméniques, on peut songer à comparer les activités relatives d'éthérification catalytique. Mais cette comparaison se heurte à des difficultés assez graves, parce que le mélange des deux molécules opposées occupe des volumes très inégaux : ainsi à 15° le mélange *méthanol-acide formique* occupe seulement $77^{cm^3},6$, tandis que le mélange *alcool isoamylique-acide isovalérique* occupe 217^{cm^3}, soit presque le triple. En outre la viscosité du liquide croît avec le poids moléculaire. Pour ces deux causes, avec un même appareil d'alimentation du tube à catalyse, le second mélange emploiera bien plus de temps pour s'écouler, ce qui favorisera beaucoup la proportion éthérifiée pendant la traversée du tube.

En opérant de la sorte avec les divers acides forméniques opposés à l'*éthanol*, en présence d'oxyde titanique, nous avons obtenu comme proportion centésimale d'éthérification :

	A 150°.	A 230°.
Acide formique	65	»
Acide acétique	20	67
Acide propionique	»	60
Acide isobutyrique	»	47
Acide isovalérique	»	36

On voit que l'activité d'éthérification subit, à mesure que le poids moléculaire de l'acide s'élève, une décroissance manifeste qui serait bien plus accusée si le passage de la molécule avait lieu avec la même vitesse.

Le poids moléculaire des alcools opposés à un même acide exerce une influence de même nature.

Ainsi, tandis que dans les éthérifications effectuées sans catalyseur sous l'état liquide, la vitesse initiale, plus grande il est vrai pour le méthanol, est la même pour les divers alcools primaires forméniques, au contraire l'activité d'éthérification en présence des catalyseurs, en système gazeux, paraît être surtout en relation avec les *vitesses cinétiques des molécules réagissantes : elle est d'autant plus grande que les molécules sont plus légères.*

Les recherches que nous poursuivons avec une égale durée de passage pour toutes les molécules nous permettront d'établir la loi précédente sur une base plus précise.

La possibilité d'effectuer l'éthérification par catalyse à température peu élevée nous a engagés à essayer de l'appliquer aux alcools *secondaires* et *tertiaires*.

Nous avons opposé à une molécule d'*acide isobutyrique* une molécule de *propanol*-2. Au-dessous de 300°, nous n'avons constaté aucune destruction de l'alcool en propylène gazeux. La proportion éthérifiée a été sur l'oxyde titanique, à 235°, de 16,5 pour 100.

Dans les mêmes conditions, l'alcool primaire isomère, le *propanol*-1, a donné une éthérification de 50 pour 100.

L'élévation de température accélère l'éthérification, mais plus lentement que pour les alcools primaires. On a obtenu, sans dégagement gazeux :

	Pour 100.
A 256°	21
A 292°	37

De même, nous avons opéré avec le mélange équimoléculaire d'*acide isobutyrique* et d'*alcool butylique tertiaire* (*méthyl-2-propanol-2*). A 235°, on n'observe encore aucun dégagement de gaz : la dose éthérifiée est 6 pour 100.

L'alcool primaire isomère *isobutylique* fournit dans les mêmes conditions une éthérification de 22 pour 100.

Ce n'est que vers 255° que le dédoublement de l'alcool tertiaire en butène gazeux commence à se manifester : à 265° il est déjà accentué, et par le fait de la destruction partielle de l'alcool, l'acidité du mélange augmente au lieu de diminuer par éthérification.

Ces résultats confirment bien l'affaiblissement de la fonction alcoolique dans les alcools secondaires et surtout dans les alcools tertiaires. La vitesse d'éthérification par catalyse doit être à la fois fonction de la rapidité des échanges gazeux, par suite de la petitesse des molécules et de l'activité avec laquelle l'alcool contracte avec l'oxyde catalyseur la combinaison temporaire instable.

M. **E. Colin** fait hommage à l'Académie de trois Volumes intitulés : *Observations météorologiques faites à Tananarive*, 1896, 1897, 1898.

NOMINATIONS.

M. le **Secrétaire de l'Institution of Naval Architects** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international d'Architecture navale*, qui se tiendra à Londres, du 4 au 7 juillet prochain, à l'occasion du 50e anniversaire de la fondation de l'*Institution*.

M. **E.-L. Bertin** et le Prince **Roland Bonaparte** sont à nouveau délégués par l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Svante Arrhenius**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Codex alimentarius austriacus*, Tome I.

2° *Untersuchungen einer Serie dicephaler Doppelbildungen*, par Mlle Anna F.-A.-S. van Westrienen.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation intégrale exponentielle.* Note [1] de M. G. BRATU, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit l'équation fonctionnelle

$$\varphi(x) = \lambda \int_0^1 K(x, y) e^{\varphi(y)} dy, \tag{1}$$

que nous appelons *équation intégrale exponentielle.*

Si l'on a

$$K(x, y) = A(x) B(y),$$

sa solution est

$$\varphi(x) = t A(x), \tag{2}$$

la constante t satisfaisant à l'équation

$$t = \lambda \int_0^1 B(y) e^{tA(y)} dy = \lambda L(t). \tag{3}$$

Soient $t_1, t_2, \ldots, t_n$, les racines de l'équation

$$\int_0^1 B(y)[A(y)t - 1] e^{tA(y)} dy = 0. \tag{4}$$

L'équation (3) fait correspondre à chaque valeur t_i une valeur λ_i pour λ. Soient encore $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_p$ les pôles réels de λ. Construisons la courbe C, qui représente la variation de λ en fonction de t et soit $\lambda_{i-1} < s < \lambda_i$. La droite $\lambda = s$ (D) coupe la courbe C en un certain nombre de points : M_1, $M_2, \ldots, M_\mu$. A chaque point M il correspond une valeur t et une solution (2) de l'équation (1). On a donc pour $\lambda = s$ les μ solutions réelles

$$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_\mu. \tag{5}$$

Lorsque λ en croissant devient égal à λ_i, la droite variable D devient tangente à C au point $\lambda = \lambda_i$, $t = t_i$. Si ce point est un maximum de la courbe C, *deux des solutions consécutives de la suite* (5) *se confondent en une seule, et pour* $\lambda > \lambda_i$ *l'équation* (1) *n'admet plus que* $\mu - 2$ *solutions réelles.* Si λ_i est un minimum de λ le long de C, lorsque λ passe par la valeur λ_i, *il apparaît deux solutions nouvelles dans la suite* (5). Soit λ_n la plus grande

[1] Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

des valeurs singulières λ_i. Pour $\lambda > \lambda_n$ l'équation (1) n'admet plus que q solutions ($p \leqq q < 2p$), et pour $\lambda = +\infty$ on a p solutions limites.

Si $B(y)$ est positif, p est nul. Si $L(0) = 0$ et $L'(0) \neq 0$, il existe un intervalle $(-\lambda_1, +\lambda_1)$, dans lequel l'équation (1) n'admet pas de solution (sauf $\varphi = 0$ pour $\lambda = 0$).

Ces résultats s'étendent à l'équation fonctionnelle

$$\varphi(x) = \lambda \int_0^1 A(x) B(y) F[\varphi(y)]\, dy.$$

2. Soit $K(x, y) = A_1(x) B_1(y) + A_2(x) B_2(y) + \ldots + A_n(x) B_n(y)$. En suivant la méthode de M. Goursat [1] on trouve comme solution de l'équation (1)

$$\varphi(x) = t_1 A_1(x) + t_2 A_2(x) + \ldots + t_n A_n(x),$$

les constantes $t_1, t_2, \ldots, t_n$ étant les solutions du système

$$t_i = \lambda \int_0^1 B_i(y) e^{\sum\limits_{j=1}^{n} t_j A_j(y)}\, dy \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{6}$$

Pour $\lambda = 0$ on a $t_1 = t_2 = \ldots = t_n = 0$ et les équations (6) admettent un système de solutions et un seul $t_i = F_i(\lambda)$, les fonctions F_i étant *holomorphes* autour de $\lambda = 0$. Représentons dans le plan des coordonnées t, λ les courbes $C_i[t = F_i(\lambda)]$ et soit inversement, sur la courbe C_i, $\lambda_i = \Phi_i(t)$. On a

$$\frac{d\lambda}{dt} = \Phi'_i(t) = \frac{\Delta_n(\lambda)}{D_i(\lambda)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

Δ_n et D_i étant des déterminants d'ordre n. Par suite, en général, *tout zéro de $\Delta_n(\lambda)$ est un maximum ou minimum commun des fonctions $\Phi_i(t)$.*

Si $B_i(y) > 0$, les fonctions $\Phi_i(t)$ vont en croissant à partir de $t = 0$ jusqu'à une valeur $\lambda = \lambda_1$, qui est un maximum commun. Pour $\lambda = \lambda_1 - \varepsilon$ les équations (6) admettent au moins deux systèmes de solutions u_i, v_i et l'équation exponentielle (1) admet au moins les deux solutions

$$\varphi_1 = \Sigma u_i A_i(x), \qquad \varphi_2 = \Sigma v_i A_i(x).$$

Lorsque λ croît et tend vers λ_1 ces deux solutions se confondent en une solution limite. La fonction $\varphi(x, y)$ admet le point λ_1 comme point de ramification.

---

[1] E. Goursat, *Recherches sur les équations intégrales linéaires* (*Annales de Toulouse*).

3. En posant dans l'équation (1) $\varphi(x) = \text{Log}\,\Psi(x)$ et en dérivant par rapport à x, on obtient l'équation *mixte* [1]

$$(7) \qquad \frac{d\psi}{dx} = \lambda \int_0^1 H(x,y)\,\psi(x)\,\psi(y)\,dy \qquad (H = K'_x).$$

Si $H(x,y) = 0$ pour $0 \leqq y \leqq 1$, on peut passer inversement de l'équation (7) à l'équation (1). Ce cas se présente pour l'équation différentielle étudiée par M. Émile Picard [2]

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \lambda A(x) e^{\varphi} = 0,$$

qui, au point de vue des solutions nulles pour $x = a$ et $x = b$, équivaut à une équation intégrale exponentielle.

Supposons que l'on ait dans l'équation (7)

$$\int_0^1 \int_0^1 |H(x,y)|\,dx\,dy < N,$$

N étant un nombre fixe. Soit C une constante arbitraire. On trouve trois nombres positifs M_1, M_2, μ dépendant de C et N et tel que :

Si $|\lambda| < \mu$ *l'équation* (7) *admet au moins une solution se réduisant à* C *pour* $x = 0$. Les nombres M_1 et M_2 séparent les solutions de cette équation en deux groupes : une solution et une seule qui reste pour $0 \leqq x \leqq 1$ inférieure en module à $|C| + M_1$; les autres solutions, qui correspondent aux mêmes valeurs de λ et de C, ont toutes, entre 0 et 1, le maximum du module supérieur à $|C| + M_2$. *Lorsque* λ *tend vers zéro, la première solution tend identiquement vers* C ; *le maximum du module de toutes les autres augmente indéfiniment.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la notion de différentielle.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. P. Appell.

Je viens de m'apercevoir qu'une partie de ma dernière Note, insérée dans les *Comptes rendus* du 27 mars, était présentée à tort comme nouvelle.

---

(1) G. Bratu, *Comptes rendus*, 11 avril 1910.

(2) *Comptes rendus*, 14 février 1898, et *Traité d'Analyse*, t. III, Chap. VII.

L'objet principal de cette Note était de présenter une définition de la différentielle d'une « fonctionnelle » ([1]), définition qui permet une extension complète des théorèmes fondamentaux du Calcul différentiel. *Autant que je sache, cette définition est bien nouvelle.*

Mais pour la justifier, j'avais indiqué comme cas particulier une définition de la différentielle d'une fonction de plusieurs variables, définition qui est plus restrictive que la définition classique et que je n'avais rencontré nulle part. En fait, *une définition entièrement équivalente avait été donnée, en* 1908, *par M. W.-H. Young* ([2]), qui avait, en outre, développé explicitement les conséquences.

Il y a lieu cependant de remarquer que *la forme* sous laquelle sa définition est présentée se prête moins immédiatement à une généralisation dans le Calcul fonctionnel. En outre, je crois qu'il n'est pas inutile d'indiquer (comme je l'ai fait dans ma Note) que cette définition n'est pas aussi arbitraire qu'elle paraît l'être et justifiée seulement par la généralité de ses conséquences, qu'au contraire c'est la traduction analytique d'une définition géométrique qui se présente en quelque sorte avec un caractère de nécessité.

NOMOGRAPHIE. — M. **Bertin** présente à l'Académie, de la part de M. d'Ocagne, un *Nomogramme pour la détermination des espaces parcourus en fonction du temps, pendant qu'un navire passe de la vitesse* V_0 *à la vitesse* V_1.

Ce nomogramme est la représentation géométrique des formules proposées par M. Bertin pour l'étude du mouvement accéléré ou ralenti des navires.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème du câble limité dans les deux sens.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. Jordan.

1. Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 31 octobre 1910), j'ai donné sous une forme qui met en évidence le mécanisme de la réflexion, les expressions du potentiel et du courant sur une ligne télégraphique limitée dans les deux sens, avec appareils aux extrémités, provenant de l'application brusque à partir de l'origine du temps d'une rupture constante de potentiel.

([1]) Une fonctionnelle est une fonction dont la variable est non un nombre, mais un élément de nature quelconque, ligne, fonction ordinaire, etc.

([2]) *On differentials* (*Proceedings of the London mathematical Society*, 2e série, t. VII, 1909, p. 157). Voir aussi W.-H. Young, *The fundamental theorems of the differential calculus*, p. 21. Cambridge, 1910.

Un procédé analogue est applicable, comme je l'ai indiqué, au cas du câble, où la self de la ligne est supposée nulle, et où l'équation des télégraphistes se réduit à l'équation de Fourier de la propagation linéaire de la chaleur sans perte latérale. Chacun des termes d'une série ainsi obtenue aura une signification physique bien déterminée, susceptible d'interprétation par la méthode des images, et cette série jouera, par rapport à la série trigonométrique non périodique en x représentant la même fonction, le rôle joué par les seconds développements des fonctions périodiques en x thêta vis-à-vis des premiers; on retombera sur les développements périodiques, à la limite, lorsque les appareils aux extrémités se réduiront à une résistance ou à une capacité évanouissantes ou infinies.

2. L'appareil du départ et celui de l'arrivée équivalent chacun à une relation différentielle en $\frac{d}{dt}$ linéaire à coefficients constants entre le potentiel imprimé et le courant; les énergies électrique, magnétique et la fonction de dissipation de Lord Rayleigh sont des formes quadratiques définies positives pour chaque appareil; $f_0(in)$ désignant le quotient des deux polynomes en in représentant, en régime permanent, pour l'appareil du départ, le rapport entre la force isochrone imprimée e^{int} et le courant, c'est-à-dire l'impédance de l'appareil pour la pulsation n, l'inverse de la fonction génératrice du potentiel pour une rupture de potentiel permanente au départ et le câble illimité côté des x positifs sera

$$\varphi(iz) = iz + \gamma in f_0(in), \qquad k(iz)^2 = in;$$

la ligne d'intégration a pour extrémités $-\infty, +\infty$ réels du plan des z et laisse au-dessus les pôles de la fonction génératrice; $\psi(iz)$ représentant, dans les mêmes conditions, l'inverse de la fonction génératrice du potentiel si l'appareil de l'arrivée est substitué à l'appareil du départ, les coefficients de réflexion pour le potentiel en $x = 0$ et $x = l$ seront respectivement

$$r_0 = \frac{\varphi(-iz)}{\varphi(iz)}, \qquad r_l = \frac{\psi(-iz)}{\psi(iz)},$$

d'où les fonctions génératrices des termes successifs du développement du potentiel

$$\frac{1}{\varphi(iz)}(x), \quad \frac{\psi(-iz)}{\psi(iz)\varphi(iz)}(2l - x), \quad \frac{\psi(-iz)\varphi(-iz)}{\psi(iz)\varphi^2(iz)}(2l + x), \quad \ldots,$$

la première correspondant à la ligne illimitée avec rupture en $x = 0$, les autres à des ruptures singulières fictives aux points images; les fonctions

génératrices successives n'auront pas d'autres pôles que ceux de $\frac{1}{\varphi(iz)}$, $\frac{1}{\psi(iz)}$ et l'ordre des pôles ira en croissant avec le nombre des réflexions, exception faite du cas de périodicité f nul ou infini; les fonctions génératrices correspondantes du courant et de la quantité d'électricité se déduiront des précédentes en multipliant respectivement par $\pm iz$, $\pm(iz)^{-1}$, les signes + ou − suivant le sens de propagation direct ou rétrograde.

3. La décomposition en éléments simples supposée effectuée, il reste à calculer, pour n entier, le pôle $i(k\tau)^{-\frac{1}{2}}$ de φ^{-1} ou ψ^{-1} et le chemin d'intégration indiqué, l'intégrale

$$G_n = \frac{(-1)^n}{\pi}\int e^{(iz)^2kt-izx}\frac{d(z\sqrt{k\tau})}{(iz\sqrt{k\tau}+1)^{n+1}}$$
$$=(-1)^n\left(n-1+2\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\right)\left(n-2+2\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\right)\cdots\left(1+2\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\right)\left(2\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\right)G_0,$$

et j'ai donné pour $\sqrt{k\tau}$ réel ou complexe l'expression G_0.

On peut, sans utiliser l'algorithme précédent, mettre G_n sous une forme très simple.

Soient g_{2n}, $-\frac{1}{\rho}g_{2n-1}$ le potentiel et le courant sur le câble illimité côté des x positifs provenant d'une rupture $\left(0, \frac{(kt)^n}{n!}\right)$ de potentiel au départ sans appareils, on aura (*Comptes rendus*, t. 148)

$$g_n = \chi_n(x, kt)\,E\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}}\right) - \varpi_n(x, kt)\frac{2e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{\pi kt}},$$
$$G_n = X_n G_0 - \Omega_n\sqrt{\frac{\tau}{\pi t}}\,2e^{-\frac{x^2}{4kt}},$$
$$X_n \quad \text{ou} \quad \Omega_n = \chi_n \quad \text{ou} \quad \varpi_n\left(\frac{x}{\sqrt{k\tau}}+2\frac{t}{\tau}, \frac{t}{\tau}\right).$$

Si le pôle est sur l'axe imaginaire positif, on pourra, pour le calcul numérique, se servir des Tables numériques de M. Radau [1] et, dans le cas particulier de deux pôles sur les bissectrices des axes, des Tables des intégrales de la diffraction de Fresnel; en général, on utilisera soit la série convergente, soit la série divergente asymptotique dont le mode de construction pour G_n est le même que celui donné pour G_0; pour des valeurs

---

(1) RADAU, *Annales de l'Observatoire de Paris* : Partie théorique, t. XVIII.

du temps suffisamment grandes, c'est la série trigonométrique qu'il conviendra d'employer.

4. Le problème de la diffusion d'une charge instantanée communiquée au point $x = \xi$ du câble limité par des appareils en $x = 0$ et $x = l$ se traitera de la même manière, la fonction génératrice du potentiel dans le cas d'une charge instantanée (rupture de quantité d'électricité) étant proportionnelle à la fonction génératrice du courant correspondant à une rupture de potentiel au même point du câble illimité dans les deux sens.

PHYSIQUE. — *Emplois nouveaux des ampoules de bas voltage.* Note de M. **Dussaud**.

J'ai fixé sur le pourtour d'un disque 16 ampoules de $2^{cm},5$ de diamètre, à filament de tungstène de 10 volts, 1 ampère. J'ai fait tourner le disque de manière que chaque ampoule vienne successivement recevoir un courant de 20 volts, 1,5 ampère pendant une fraction de seconde.

J'ai constaté que j'avais réalisé avec 30 watts une lumière paraissant fixe, froide, continue, équivalente à 10000 bougies devant un système optique approprié, c'est-à-dire donnant les mêmes résultats qu'un arc électrique de 10000 bougies (110 volts, 60 ampères, 6000 watts).

Cette lumière ainsi produite et employée m'a permis l'éclairage ordinaire dans un appartement avec une dépense d'électricité au compteur deux cents fois moins grande que pour toute autre lumière électrique à incandescence à charbon.

D'autre part, la faible quantité d'électricité nécessaire (environ 20 volts et 1,5 ampère) m'a permis à volonté de substituer au courant du secteur celui d'une pile d'un prix d'achat et d'entretien infime.

La surface réduite de cette lumière froide m'a permis avec des systèmes optiques si simples, si économiques, de réaliser des phares à longue portée que toute barque de pêcheurs pourra en posséder pour faire des signaux et qu'un soldat pourra les mettre dans son sac avec la pile nécessaire, pour la télégraphie optique. L'absence de chaleur de cette lumière m'a permis de la mettre presque en contact avec des lentilles spéciales à grand rendement donnant des cônes si divergents et si puissants qu'ils constituent de véritables yeux pour les sous-marins et aéroplanes.

Avec 30 watts, la largeur des projections atteignait 8^m avec les clichés fixes, 5^m avec le cinématographe, 4^m avec les plaques en couleurs naturelles et les corps opaques; les objets microscopiques pouvaient être

projetés avec un grossissement superficiel dépassant dix millions de fois; quant aux projections ordinaires de $1^m,50$ de large, elles se faisaient en plein jour.

Avec des ampoules de quartz ou d'uviol j'ai recueilli des radiations ultraviolettes; je les ai séparées de la chaleur par le procédé du disque pour les appliquer froides par contact presque direct à des traitements, stérilisations, synthèses, et pour télégraphier, téléphoner ou photographier.

PHYSIQUE. — *Sur la reproduction photographique des documents par réflexion (Cataphotographie).* Note de M. **Guillaume de Fontenay**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai l'honneur de présenter un mode de reproduction photographique que je viens d'expérimenter. Ce procédé repose sur un fait initial qui m'a été signalé par M. le Dr Prompt et M. Alexandre Dini, de Turin [1]. Soit à reproduire (en s'affranchissant des déformations inhérentes à tout système optique) une face d'un document quelconque, opaque ou transparent, et qui peut être imprimé ou manuscrit au recto et au verso (lettre, page de livre, gravure, photographie, etc.). Je place dans un châssis-presse : 1° une plaque sensible, le dos de la plaque au contact de la glace forte; 2° le document à reproduire, au contact de l'émulsion. Le châssis-presse dûment recouvert de son volet, j'expose à la lumière un temps plus ou moins long. Les parties noires du document absorbent presque entièrement la lumière incidente. Au contraire, les parties blanches la diffusent et la réfléchissent sur les régions correspondantes de la couche sensible. D'où résulte qu'après développement, nous avons un négatif tout à fait analogue à celui que nous aurions obtenu si nous avions copié un document par transparence comme on fait habituellement.

J'appelle *cataphototypes* les clichés obtenus de la sorte, pour indiquer brièvement que la lumière qui les a produits s'est réfléchie sur l'original au lieu de le traverser comme dans la méthode ordinaire.

Les phénomènes cataphotographiques offrent à première vue un caractère quelque peu paradoxal. La quantité de lumière qui se réfléchit sur le

---

(1) Depuis, j'ai su qu'il avait été décrit aussi par Fournier d'Albe; mais il ne semble pas qu'on ait attaché à cette méthode l'importance qu'elle mérite au double point de vue théorique et pratique.

document n'étant qu'une faible portion de celle qui a traversé l'émulsion, il semblerait que la plaque dût être irrémédiablement voilée. Néanmoins, sous de certaines conditions que je mentionnerai succinctement, on obtient des négatifs satisfaisants, comme on peut le voir par les pièces que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie.

A. Développement des cataphototypes. — Des vues théoriques m'ayant fait penser d'abord que le développement devait être superficiel et brutal, j'ai commencé par employer le formol-hydroquinone des ateliers de photogravure; mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir que je faisais fausse route. Le fond de la couche ne paraît pas sensiblement plus voilé. Je ne crois pas avantageux de développer en coup de fouet; et, après avoir essayé un certain nombre de révélateurs : hydroquinone, métoquinone, paraphénylène-diamine, diamidophénol, j'en suis resté à ce dernier réducteur.

B. Opérations correctives. — Je me suis abstenu, par principe, de toute opération corrective. Il n'est pas douteux que la plupart de mes cataphototypes gagneraient 50 pour 100 en contrastes à être renforcés après enlèvement du voile. J'ai préféré les présenter et les utiliser tels quels. On juge mieux ainsi de ce qu'on peut, sans tours de main, attendre du procédé.

C. Lumière et temps de pose. — Je crois avantageux d'opérer en lumière monochromatique rouge, avec de longues poses, tout au moins lorsqu'il s'agit de documents en noir sur blanc. Il se produirait un effet de renforcement analogue à celui qu'a signalé Abney, dans l'agrandissement des clichés faibles, à la chambre noire, au moyen de lumière monochromatique rouge. La lumière verte et la lumière jaune m'ont donné aussi de bons résultats. Les lumières bleue et violette ne m'ont pas réussi. Les temps de pose, naturellement, doivent varier avec la lumière et les plaques employées.

D. Nature des plaques. — J'ai expérimenté avec les plaques suivantes : Lumière, étiquette bleue, orthochromatique A, autochromes, étiquette rouge, diapositives à tons noirs et à tons chauds; Jougla, étiquette verte; Grieshaber, Varieta; Guilleminot, lactate. A rapidité égale, il m'a paru que les résultats étaient à peu près les mêmes; mais les plaques lentes sont préférables. Leur émulsion plus transparente favorise le phénomène cataphotographique. Ce phénomène, d'ailleurs, est tout à fait général. On l'obtient avec les papiers par développement et même avec les papiers dits *par noircissement direct*. Mais le grain du papier et le manque d'homogénéité de sa pâte enlèvent beaucoup de valeur aux négatifs obtenus ainsi. Voilà pourquoi j'ai surtout expérimenté avec des plaques.

E. Orthochromatisme. — L'emploi d'écrans-filtres colorés permet, en cataphotographie comme en photographie ordinaire, d'obtenir un certain degré d'orthochromatisation qu'on peut compléter en utilisant des plaques teintes au trempé ou dans la masse par les procédés connus. Cet effet d'orthochromatisme est même une contre-indication à l'emploi de la lumière rouge dans certains cas (lorsque, par exemple, on veut reproduire un document imprimé or ou violet-mauve sur blanc).

F. Reproduction des couleurs. — J'ai obtenu, par les procédés du paragraphe pré

cédent, un assez bon rendu de documents en couleurs; mais il m'a été impossible d'obtenir la reproduction en couleurs de ces documents. Je me suis servi, dans ce but, de plaques autochromes Lumière. Lorsqu'on applique le document sur la couche sensible d'une autochrome, le document se reproduit, mais non en couleurs, naturellement. Pour avoir les couleurs, il faudrait appliquer le document au dos de la plaque autochrome. Mais alors l'épaisseur du verre et l'opacité du filtre coloré opposent un obstacle, pour ainsi dire insurmontable, à la réussite de l'opération. Il y a une trop grande disproportion entre l'afflux lumineux nuisible, qui vient baigner l'émulsion, et la très petite quantité de lumière utile qui peut revenir du document, après avoir traversé deux fois l'épaisseur de la plaque et le rideau des grains de fécule.

G. Applications pratiques. — Sans prétendre en faire l'énumération, je veux dire que ce procédé rendra de grands services toutes les fois que l'on devra prendre, avec un matériel aussi réduit que possible, une copie strictement conforme à l'original, de documents opaques ou imprimés sur leurs deux faces : de gravures, de figures reliées dans un livre, de portions de cartes géographiques, etc. — De telles pièces sont généralement copiées à la chambre noire. Mais la chambre noire est en premier lieu encombrante et de plus on ne peut pas l'introduire dans toutes les bibliothèques. Enfin elle permet très difficilement la copie en vraie grandeur du document considéré; et l'on a toujours à tenir compte des déformations systématiques de l'objectif, si bien corrigé qu'il soit.

Le procédé cataphotographique obvie à ces divers inconvénients. Grâce à lui, dans toute bibliothèque, dans tout local où l'on peut réaliser un instant l'obscurité, on obtiendra sans peine des copies rigoureusement identiques, et cela sans aucun matériel; car même le châssis-presse n'est pas indispensable et l'on peut appliquer simplement avec la main une plaque sensible sur le document à reproduire. Quelques plaques et une boîte d'allumettes ou mieux une lampe électrique de poche, voilà donc tout le bagage nécessaire à l'archéologue, au voyageur qui se trouverait démuni à l'improviste de ses appareils ordinaires et qui jugerait bon de recourir à la cataphotographie. Une telle considération n'est pas sans importance.

CHIMIE AGRICOLE. — *Comment s'élimine l'arséniate de plomb apporté par la vendange*. Note de MM. L. Moreau et E. Vinet, présentée par M. Schlœsing fils.

Nous avons montré, dans deux Notes précédentes [1], que s'il restait encore de l'arséniate de plomb sur les grappes, au moment de la vendange, on n'en retrouvait pas dans le vin fait. Il peut être alors intéressant de savoir dans quelles proportions s'élimine l'arséniate de plomb dans les *marcs*, les *bourbes* et les *lies*.

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 187, et t. 151, p. 1147.

Pour résoudre cette question, nous avons pensé qu'il convenait d'opérer sur une vendange apportant une quantité relativement élevée d'arséniate de plomb. Nous avons récolté des raisins de *Chenin blanc*, *traités avec intention au mois d'août*, *et abondamment*, *à la bouillie arsénicale;* ils apportaient par kilogramme $46^{mg},61$ d'arséniate de plomb. Ces raisins ont été passés à la presse continue et nous avons obtenu 170^{l} de moût que nous avons vinifié, d'après les méthodes ordinaires de la région.

Nous indiquons, dans le Tableau ci-dessous, la quantité de vendange nécessaire pour obtenir 1^{hl} de vin après le second soutirage, ainsi que les proportions correspondantes de *marcs*, de *bourbes* et de *lies*, et les quantités d'arséniate de plomb trouvées. Les dosages de l'arsenic et du plomb ont été faits par les méthodes que nous avons indiquées dans des Notes antérieures ([1]).

	Poids correspondant à 1^{hl} de vin.		Arséniate de plomb trouvé.
	kg		g
Raisins	153,7		7,165
Marcs frais	37,3		6,117
Bourbes (94,5 p. 100 d'humidité après fermentation)	6,2		0,582
Lies de premier soutirage (92,4 pour 100 d'humidité)	1,7		0,115
Lies de deuxième soutirage (95,6 pour 100 d'humidité)	1,5		0,015
Vin après le deuxième soutirage	1^{hl}	Dosé	0,414
		Calculé	0,336

La proportion (85,3 pour 100) d'arséniate de plomb retenue par les marcs est donc *considérable*. Le produit y adhère fortement, comme nous avons pu nous en rendre compte, par ailleurs, en faisant de la boisson avec ces marcs émiettés.

Au décuvage, après 10 jours de fermentation, la boisson obtenue ne contenait que 8,4 pour 100 de l'arséniate apporté; par suite, les marcs en avaient retenu 91,6 pour 100. Le cuvage n'introduit donc, dans la boisson, qu'une quantité relativement faible d'arséniate de plomb. D'un autre côté, la dose d'acidité du milieu, dans les limites où elle peut varier, pour les vins, influe très peu sur la solubilité de l'arséniate de plomb. Pour ces

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, p. 187. — *Nota*. Pour le dosage de l'arsenic : 1° les bourbes et les lies sont épuisées à chaud par $HAzO^3$ étendu; on filtre et l'on évapore à quelques centimètres cubes; 2° le vin (250^{cm^3} ou 400^{cm^3}) est évaporé à 5^{cm^3} environ en présence de 10^{cm^3} à 20^{cm^3} de $HAzO^3$; on chasse alors la plus grande partie de l'acide nitrique en reprenant par un peu d'eau à plusieurs reprises.

raisons, on comprend pourquoi les *vins rouges cuvés*, lesquels, après décuvage, sont conduits comme des vins blancs, *ne renferment pas*, dans la pratique, d'*arséniate de plomb* ou en renferment des traces indosables par nos méthodes. C'est ce que nous avons constaté, à deux reprises différentes, sur des vins rouges provenant de vignes traitées avant la fleur.

Les bourbes retiennent, de leur côté, une assez forte proportion (55,5 pour 100) de l'arséniate de plomb passé dans le moût pendant le pressurage. Le *débourbage est donc*, dans ce cas, *une opération recommandable*.

L'arséniate de plomb resté dans le moût débourbé s'élimine encore en partie dans les lies.

La petite proportion qui est restée dans le vin, *dans le cas de l'expérience*, s'y trouve dissoute à la faveur des acides du vin et ne pourra plus en être éliminée par une opération *seulement mécanique*. Le contact prolongé du vin avec les lies ne semble pas augmenter sensiblement la proportion d'arséniate dissoute. Ainsi, dans une de nos expériences, un vin qui renfermait $3^{mg},4$ d'arséniate de plomb pour 630^{cm^3}, n'en contenait que $4^{mg},3$ après 3 mois de contact avec 331^{g} de lies épaisses en renfermant $59^{mg},1$.

Passons maintenant à la pratique et considérons des vendanges provenant de vignes traitées avant la fleur. Dans ces conditions, il est probable que l'arséniate de plomb sera retenu sur les marcs, au pressurage, en plus forte proportion que dans l'expérience que nous avons rapportée plus haut, puisqu'il se trouve être *exclusivement* ([1]) sur les râfles où il adhère plus fortement que sur les grains. Mais admettons que l'élimination dans les marcs, les bourbes et les lies se fasse dans les mêmes proportions que ci-dessus. Il est facile de calculer la quantité d'arséniate qui devrait rester dans le vin, pour trois lots de raisins traités 2 et 3 fois avant la fleur et qui apportaient respectivement, par kilogramme le premier lot, $1^{mg},3$; le deuxième lot, $1^{mg},8$; et le troisième lot, des traces. On trouve pour les vins correspondants : pour le premier lot, $0^{mg},12$ d'arséniate de plomb par litre; pour le deuxième lot, $0^{mg},16$; pour le troisième lot, des traces de l'ordre de $0^{mg},001$. Autrement dit, on trouverait, pour les deux premiers lots, respectivement, par litre, $0^{mg},020$ et $0^{mg},26$ d'arsenic, et $0^{mg},08$ et $0^{mg},11$ de plomb ; ce sont là des traces *indosables* par nos méthodes. L'analyse des trois échantillons de vins correspondant à ces trois lots de raisins nous a confirmé dans cette manière de voir.

En résumé, les *quantités d'arséniate de plomb* apportées par les vendanges

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 151, 5 décembre 1910.

provenant de *vignes traitées avant la fleur* étant très faibles et étant donnée par ailleurs la *très forte élimination du produit* pendant les opérations du pressurage et de la vinification, on ne doit *normalement* retrouver, dans les vins provenant de ces vendanges, que, *tout au plus*, de *faibles traces d'arsenic et de plomb;* dans la pratique, ces traces, *lorsqu'elles existent*, sont le plus souvent de l'ordre de celles que l'on trouve dans les *vins provenant de vignes qui n'ont jamais reçu de traitement arsénical* (1). *Dans ces conditions*, *les vins de vignes traitées avant la fleur semblent pouvoir être consommés sans danger.*

Il se pourrait qu'il en fût tout autrement si l'on traitait les vignes tardivement, *après la fleur.*

M. **Armand Gautier** fait les plus expresses réserves au sujet de la Note précédente de MM. *Moreau* et *Vinet*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'invertine sur les polysaccharides dérivés du lévulose.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel.**

On sait que l'invertine, ferment soluble qui dédouble le saccharose en lévulose et glucose, agit sur d'autres polysaccharides plus condensés que le saccharose, mais dérivant aussi du lévulose, pour les hydrolyser partiellement en mettant en liberté une molécule de ce dernier sucre et en laissant les autres sucres combinés. Tel est le cas du raffinose, du gentianose et du stachyose, qui fournissent, en même temps qu'une molécule de lévulose, le premier une molécule de mélibiose, le deuxième une molécule de gentiobiose, le troisième une molécule de manninotriose, sucres qui renferment tous les trois au moins une molécule de glucose.

L'action est donc la même : séparation d'une molécule de lévulose, ce qui a fait dire à l'un de nous, en raison de l'action spécifique du ferment, que, dans ces molécules complexes, le lévulose se trouve sous forme de saccharose combiné (2). On pouvait donc se demander si les autres hexoses, formant, avec le saccharose, l'édifice moléculaire, n'influençaient en rien la liaison du lévulose et du glucose. S'il en était ainsi, on pourrait repré-

(1) Nous avons en effet constaté la présence de traces d'arsenic et de plomb dans des vins provenant de vignes n'ayant jamais été traitées à l'arséniate de plomb.

(2) Em. Bourquelot, *Le sucre de canne dans les végétaux* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 6e série, t. XVIII, 1903, p. 241).

senter schématiquement les quatre combinaisons sucrées de la façon suivante :

Saccharose = lévulose + glucose;
Raffinose = lévulose + glucose + galactose;
Gentianose = lévulose + glucose + glucose;
Stachyose = lévulose + glucose + galactose + galactose.

Mais alors, en traitant une proportion de chacun de ces quatre sucres telle qu'une même quantité d'invertine se trouve en présence de la même quantité de lévulose, on devrait, dans tous les cas, observer pour le même laps de temps, la mise en liberté d'une même quantité de lévulose. Sinon, c'est que les autres hexoses, glucose et galactose, modifient la stabilité de la combinaison lévulosique.

L'expérience a été faite de la façon suivante :

On a préparé avec les quatre sucres cités plus haut des solutions renfermant respectivement pour 100^{cm^3} : 1^g de saccharose; $1^g,735$ de raffinose, cristallisé avec 5^{mol} d'eau; $1^g,472$ de gentianose; $2^g,156$ de stachyose, cristallisé avec 4^{mol} d'eau; soit $\frac{1}{342}$ de leur molécule. Elles contenaient donc la même quantité de lévulose combiné.

Sur ces solutions, on a fait agir, à la température ordinaire, l'invertine, en ajoutant, pour 100^{cm^3}, 8^{cm^3} d'une solution obtenue en faisant macérer dans 100^{cm^3} d'eau pendant 3 jours, $0^g,40$ de levure de bière haute tuée par l'alcool et séchée à 30° [1].

Par suite de l'action de l'invertine, la rotation de chacune des solutions a reculé peu à peu vers la gauche. Le recul, en 9 jours, a été respectivement :

	Minutes.
Pour le saccharose	96
Pour le raffinose	30
Pour le gentianose	24
Pour le stachyose	10

En calculant théoriquement le recul de la déviation que devrait produire l'invertine, dans ces solutions, pour une hydrolyse complète, on trouve 96' pour le saccharose; 94' pour le raffinose; 94' pour le gentianose; 90' pour le stachyose. Il y a donc eu mise en liberté d'une proportion de lévulose égale à :

	Pour 100.
Saccharose	100
Raffinose	31,9
Gentianose	25,5
Stachyose	11,1

[1] Cette solution est peu active, ce qui a permis de suivre l'action du ferment pendant longtemps.

L'action de l'invertine sur le saccharose est donc terminée, et ce sucre est hydrolysé beaucoup plus rapidement que les trois autres, raffinose, gentianose, stachyose. Les autres molécules d'hexoses combinées au saccharose ont par conséquent une action retardatrice très nette sur l'hydrolyse par l'invertine.

Après une action de deux mois, le recul était :

pour le raffinose, de 74', soit 77,9 pour 100 de lévulose mis en liberté;

pour le gentianose, de 54', soit 57,4 pour 100;

pour le stachyose, de 36', soit 40 pour 100.

Non seulement le nombre des molécules combinées au sucre de canne exerce une influence sur l'hydrolyse de ces sucres, mais encore la nature des molécules. Le raffinose et le gentianose qui renferment 1 molécule d'hexose unie au saccharose sont hydrolysés moins vite que le saccharose lui-même et plus vite que le stachyose qui en renferme deux. En outre le raffinose qui renferme une molécule de galactose unie au saccharose est hydrolysé plus vite que le gentianose qui, à la place du galactose, renferme du glucose.

Il est évident que ces faits ne peuvent s'expliquer en admettant que, dans les polyoses, les diverses molécules de monoses sont réunies bout à bout. Autrement, la vitesse de séparation du lévulose ne dépendrait pas de la grandeur moléculaire, et de la nature des hexoses unis au saccharose.

On doit plutôt penser que ces hexoses, glucose et galactose, sont reliés non seulement au glucose, mais encore au lévulose, et que la différence constatée dans les vitesses d'hydrolyse provient justement de ce que le ferment, pour séparer le lévulose, doit rompre non seulement la liaison qui le réunit au glucose, mais encore celles qui le réunissent aux autres hexoses.

PHYSIOLOGIE. — *Du sort des matières colorantes dans l'organisme animal.* Note (¹) de MM. **P. Sisley** et **Ch. Porcher**, présentée par M. E. Roux.

Les recherches que nous avons commencé d'entreprendre, il y a plus d'une année, sur la toxicité des matières colorantes, nous ont conduits à examiner ce que ces substances pouvaient devenir dans l'organisme.

A priori, il n'est pas possible de donner une réponse d'ensemble à la question ainsi posée, car celle-ci est trop vaste et trop complexe. Les

(¹) Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

matières colorantes appartiennent à des familles différentes et le procès chimique de l'attaque dont elles peuvent être l'objet dans l'économie est évidemment sous la dépendance de la structure de la molécule.

Nous nous limiterons, aujourd'hui, à l'étude du phénomène de réduction portant sur quelques groupes de matières colorantes.

Les colorants susceptibles de donner *facilement* des leuco-dérivés se retrouvent dans l'urine partiellement transformés en composés incolores qui se réoxydent rapidement à l'air en reprenant la teinte originelle ; c'est le cas bien connu du *bleu de méthylène*. La formation de leuco-dérivés répond alors à un phénomène de réduction qui n'a altéré en rien le squelette de la molécule, ainsi qu'en témoigne, d'ailleurs, le facile passage du leuco-dérivé au composé coloré.

Mais la réduction subie par la matière colorante peut être plus profonde et entraîner, de ce fait, une dislocation de la molécule. C'est ce qu'il nous a été donné de constater avec les colorants azoïques que nous avons expérimentés jusqu'ici.

On fait ingérer à un chien 5g d'orangé I ; les urines recueillies dans les 48 heures qui suivent renferment, à côté d'un peu de la matière colorante inaltérée, les mêmes produits de réduction qu'on obtiendrait en traitant, *in vitro*, l'orangé I par l'hydrosulfite de sodium, la poudre de zinc ou le chlorure stanneux acide à l'ébullition.

SO^3Na OH — N = N + H^4 = SO^3Na — NH^2 + OH — NH^2

Orangé I. Acide sulfanilique. 1.4-α-amino-α-naphtol.

Pour mettre en évidence l'acide sulfanilique ([1]), l'urine est traitée par le nitrite de soude et H Cl ([2]), puis par le β-naphtolate de soude, et l'on obtient une magnifique coloration orangée due à la formation d'orangé II. On a donc reconstitué de l'orangé II en partant de l'acide sulfanilique, l'un des produits de dislocation de l'orangé I.

([1]) L'acide sulfanilique et le 1.4-α-amino-α-naphtol sont, tous les deux, diazotables ; mais tandis que le 1.4-α-amino-α-naphtol donne avec le β-naphtol un colorant insoluble, l'acide sulfanilique donne de l'orangé II facile à extraire ; pratiquement, c'est donc l'acide sulfanilique qu'on recherchera.

([2]) Il faut ajouter un excès de nitrite, avec précaution, en refroidissant à 4° et en agitant constamment de façon à décomposer l'urée.

Le *ponceau cristallisé* donne lieu aux mêmes expériences intéressantes. Après absorption, on retrouve dans l'urine, à côté d'une petite quantité de couleur non altérée, les produits de la décomposition de celle-ci provenant d'une rupture entre les deux atomes d'azote. Par copulation du dérivé diazoïque de l'α-naphtylamine, l'un de ces produits, avec le β-naphtol, il apparaît une coloration rouge due à la formation de *carminaphte*.

De même que l'urine, les excréments donnent la réaction de l'α-naphtylamine.

L'urine d'un chien qui prend régulièrement de la *chrysoïdine* depuis plusieurs jours, traitée par HCl et l'acide nitreux, donne une légère coloration brun rougeâtre analogue à celle que donne la métaphénylènediamine : c'est que le triaminobenzène qui résulte de la réduction de la chrysoïdine renferme deux NH^2 en position méta.

Pour constater nettement la présence, dans l'urine, des produits de réduction des couleurs azoïques expérimentées, il est nécessaire que les matières colorantes soient administrées par la bouche. L'injection sous-cutanée ne conduit pas aux mêmes résultats.

L'urine d'un chien ayant reçu 2^g d'*orangé I*, sous la peau, ne renferme pas d'acide sulfanilique ; l'urine d'un autre chien auquel on avait injecté, également sous la peau, 5^g de *ponceau cristallisé*, ne donne qu'une réaction insignifiante pour la recherche de l'α-naphtylamine.

Il semble donc que la traversée du tube digestif par les colorants azoïques soit indispensable pour que ceux-ci soient réduits. Il vient alors naturellement à l'esprit que c'est peut-être la flore microbienne de ce conduit qui opère la réduction des azoïques.

Une urine, additionnée de *ponceau cristallisé*, se décolore en fermentant et l'on y retrouve les mêmes produits que dans l'urine des animaux ayant ingéré du ponceau. La décoloration n'a pas lieu si l'urine est stérilisée.

Si la réaction de l'α-naphtylamine dans l'urine des animaux qui ont reçu du *ponceau* en injection hypodermique n'est pas nulle, c'est que (l'expérience nous l'a montré) une partie du ponceau injecté s'élimine par le tube digestif : elle y est amenée par l'intermédiaire de la bile et s'y trouve donc soumise aux mêmes influences que si elle avait été administrée par la bouche ; elle y subira une réduction partielle.

De toutes ces observations on en arrive implicitement à conclure que la flore microbienne intervient dans le procès chimique de réduction des azoïques.

ZOOLOGIE. — *Sur l'histoire des faunes terrestres des forêts du Brésil.* Note de M. **Hermann von Ihering**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La question de la distribution des animaux de forêts et des moyens qui favorisent ou empêchent leur dissémination sont dignes d'être étudiés. Le groupe le mieux approprié à ce but est sans contredit celui des *Alouata* ou Singes hurleurs. Au cours de mes recherches consacrées aux Alouates, je me suis convaincu que, pour obtenir une classification naturelle du genre, il faut étudier non seulement les peaux, mais aussi les crânes et les os hyoïdes. Sans entrer dans le détail de cette étude, il ne sera pas inutile de faire connaître les principaux résultats auxquels je suis parvenu. Dans les régions méridionales et centrales du Brésil il n'y a que deux espèces de Hurleurs, l'une noire, l'autre rouge, j'entends par là que les mâles de chaque espèce présentent la couleur mentionnée. L'une de ces espèces est *A. caraya* Humb. chez lequel les mâles sont noirs, les femelles gris jaunâtre et dont la distribution est immense, s'étendant du centre de l'État de São Paulo jusqu'à la côte Pacifique de l'Équateur. La seconde espèce est *A. fusca* E. Geoffr. qui se limite à l'est du Brésil, dans la zone étroite des forêts de la chaîne de montagnes du littoral; chez cette espèce les jeunes et les femelles sont d'une couleur brune obscure, les mâles adultes rouges; à cet égard elle ressemble à deux autres espèces de Hurleurs rouges: *A. belzebul* L. de l'Amazonie méridionale et *A. straminea* Spix du Venezuela.

Il apparaît évident que *A. fusca* n'est qu'un membre détaché du groupe amazonien des Hurleurs rouges, et si l'on n'observe pas de formes intermédiaires comme on en trouve pour les faunes aquatiques, cela tient aux changements qui ont dû se produire dans les conditions physiques et biologiques du Brésil central depuis l'époque où *A. fusca* est arrivé dans son domicile actuel, c'est-à-dire dans l'étroite zone forestière du littoral brésilien méridional. En effet, cette zone forestière est séparée des forêts du nord et de l'ouest du Brésil et du Paraguay par des steppes, c'est-à-dire par de vastes plaines et des prairies immenses où la végétation forestière ne fait que des taches isolées et éparses; or les steppes tout aussi bien que les mers et les grands fleuves localisent les Singes des différentes régions dans les forêts qu'ils habitent; il n'y a qu'une espèce du genre *Alouata*, *A. caraya*, qui s'aventure, sous certaines conditions, à faire des migrations au travers des plaines; aussi présente-t-elle la distribution géographique la plus large, parfaitement en rapport avec les conditions spéciales des forêts isolées.

Mais les Hurleurs rouges n'ont point ces habitudes, et leur distribution discontinue nous oblige à admettre une phase antérieure où les forêts du Brésil avaient une extension autre que celle d'aujourd'hui.

Si l'on compare la distribution de ces Singes hurleurs à celle des Gastropodes pulmonés connus sous le nom de *Bulimus* ou *Strophocheilus*, on arrive à la même conclusion. Ces Escargots sont essentiellement liés à la végétation des forêts; il n'y a qu'une seule espèce qui se montre moins rigoureuse à cet égard, *Str. oblongus* Müll, et c'est justement celle qui a une distribution extrêmement vaste.

Mes recherches anatomiques m'ont conduit au résultat de séparer du genre Strophocheilus (avec les sous-genres *Strophocheilus* s. str. et *Borus*) le genre Dryptus (Mart.) Pils. (avec les sous-genres *Dryptus* s. st. et *Thaumastus* (Mart.) Pils. Abstraction faite d'autres différences, ces deux genres se distinguent par l'absence de l'urètre chez *Strophocheilus* et sa présence chez *Dryptus*. Chez *Strophocheilus*, le rein s'ouvre par un large pore au fond du poumon; chez *Dryptus* existe un canal excréteur ou urètre comme chez *Helix*.

Les *Strophocheilus* ont la même distribution que les Hurleurs rouges du Brésil méridional, avec cette différence qu'ils n'ont pas de représentants vivants dans d'autres parties de l'Amérique du Sud. Le sous-genre *Thaumastus* présente une distribution discontinue semblable à celle des Hurleurs rouges : nous n'en connaissons pas de représentants dans la région intermédiaire des steppes. Mais chez une espèce du sous-genre *Borus*, chez l'énorme Escargot *Str.* (*Borus*) *martensi* Pils. (*grandis* Martens), nous connaissons actuellement quelques étapes de la migration présumée ; les quatre localités de Matto-Grosso, Serra de Macahé, État de Rio de Janeiro et les îles de Victoria et São Sebastião, situées sur la côte de l'État de São Paulo. Il nous paraît assez certain que cette magnifique espèce n'existe plus dans la zone littorale de l'État de São Paulo. Tous ces faits nous obligent à supposer que, dans la seconde moitié de l'époque tertiaire, les vallées fluviales du Parana et du Paraguay n'existaient pas, mais qu'il y avait une zone plus ou moins élevée et couverte de forêts vierges entre la Bolivie et le Brésil méridional. Ce résultat est identique à celui auquel nous a conduit l'étude des Hurleurs rouges; il est également d'accord avec la conclusion où m'a conduit l'étude de la distribution des Mollusques d'eau douce. Le premier, en effet, j'ai montré la différence énorme qui existe entre les Mollusques d'eau douce du Parana et ceux du Paraguay. Ce n'est que dans ce dernier fleuve que l'on trouve les éléments de la faune

amazonique, éléments qui doivent avoir été importés de l'Amazonie par une communication aujourd'hui disparue. Il est intéressant de constater que ce n'est pas seulement la faune d'eau douce qui nous fait reconnaître les grands changements survenus dans la géographie physique de l'Amérique méridionale, mais aussi la faune terrestre et particulièrement celle de la forêt vierge.

PALÉOBOTANIQUE. — *Découverte dans le Westphalien de la Belgique d'empreintes de* Calamostachys Ludwigi *Carruthers*. Note de M. **Armand Renier**, présentée par M. R. Zeiller.

L'espèce connue sous le nom de *Volkmannia* (*Calamostachys*) *Ludwigi* Carruthers a été créée pour un échantillon recueilli dans le terrain houiller de Hattingen sur la Ruhr. Cet échantillon est un nodule de sidérose qui a enrobé et fixé hâtivement un régime d'épis fructificateurs de Calamariée. Grâce à ce fait, la structure intime des épis est assez bien conservée, ainsi que l'ont établi les études de Ch.-E. Weiss. Fait remarquable d'ailleurs, les faces de ce petit échantillon, décrites par Ludwig et Weiss, sont des cassures artificielles du nodule, qui constituent grossièrement des coupes longitudinales et transversales des épis, et paraissent pouvoir être rapprochées d'échantillons dits *en empreinte*.

Il semble cependant que jusqu'ici on ne soit pas parvenu à établir avec certitude semblable rapprochement. En effet, dans sa description de la flore du bassin carboniférien de Canonbie, parue en 1903, M. R. Kidston déclare qu'il faut ranger dans une espèce nouvelle d'un genre différent, *Palæostachya Ettingshauseni*, les spécimens de Radnitz et de Westphalie figurés par Ettingshausen, Schimper, von Roehl et Weiss sous des dénominations variées et rapportés par Ch.-E. Weiss à *Calamostachys Ludwigi*. Cette espèce ne serait donc actuellement connue que par l'échantillon original, d'un type d'ailleurs assez spécial.

J'ai rencontré en grand nombre dans le schiste du toit de la couche Grande Delsemme au charbonnage de Wérister, à Romsée (Liége), des empreintes d'un *Calamostachys* qui présente tous les caractères de *C. Ludwigi*. La couche Grande Delsemme appartient à l'assise à *Neuropteris Schlehani* Stur, qui, en Belgique comme dans le Nord de la France et en Westphalie, constitue l'assise inférieure du Westphalien, seule représentée à Hattingen.

Non seulement mes échantillons permettent d'étudier en détail la mor-

phologie des épis, mais ils donnent encore une idée de l'ensemble du rameau spicifère. Ils établissent en outre l'exactitude d'une opinion de Schimper, un instant partagée par M. R. Kidston, puisqu'ils montrent *Calamostachys Ludwigi* Carruthers = *C. typica* Schimper en connexion avec *Asterophyllites longifolius* Sternberg. Leur association est d'ailleurs constante, le gisement étant autochtone.

Les rameaux spicifères du type *Calamostachys* recueillis au toit de la couche Grande Delsemme présentent au total les caractères suivants :

Épis portés par une tige calamitoïde généralement garnie de son écorce, striée longitudinalement et légèrement renflée aux nœuds ; entrenœuds de longueur régulièrement décroissante vers le sommet ; dans la région inférieure du rameau, nœuds garnis de feuilles assez dressées, linéaires, finement striées longitudinalement, obscurément uninerviées, très nombreuses ; aux nœuds supérieurs, épis groupés en verticilles naissant immédiatement au-dessus d'un verticille de feuilles légèrement falciformes, généralement plus courtes que dans la région stérile. Chaque verticille comprend quatre épis, sauf au sommet du rameau, où l'épi, de plus grande taille, est unique. Il y a vraisemblablement alternance d'un verticille d'épis à l'autre.

Épi de forme cylindrique, à sommet étiré et à pédicelle court. Pédicelle naissant sensiblement à angle droit de l'axe du rameau et se recourbant régulièrement jusqu'à la verticale, ou à peu près. Axe de l'épi nettement costulé entre les nœuds, renflé aux nœuds, portant en alternance, dès la base, des verticilles régulièrement espacés de bractées stériles et de sporangiophores.

Bractées stériles au nombre de 16, puis de 12 par verticille, alternant d'un verticille à l'autre ; finement striées longitudinalement, libres dès leur départ de l'axe, d'abord normales à l'axe, plates ou convexes vers le haut, puis se redressant brusquement suivant la verticale en émettant vers le bas un court éperon et s'élevant en lame triangulaire jusque peu au-dessus du niveau du verticille immédiatement supérieur. La figure publiée par Schimper (fig. 1, Pl. XXIII du *Traité*) donne une certaine idée de cette allure des bractées.

Sporangiophores au nombre de 8 (?), puis de 6 par verticille, paraissant non exactement superposés, voire alternant d'un verticille à l'autre. Axes des sporangiophores naissant perpendiculairement à celui de l'épi, sur une côte de cet axe, sensiblement à mi-distance entre deux verticilles de bractées, renflés à la base et se terminant par une expansion peltoïde bombée extérieurement et de contour subcirculaire, qui porte, disposés aux sommets d'un carré, quatre sporanges elliptiques ou ovoïdes, allongés et finement striés parallèlement à l'axe du sporangiophore.

Dans l'état actuel de nos connaissances, *Calamostachys Ludwigi*, de même que *C. Zeilleri* Renault, se distingue des autres espèces du genre en ce que les bractées stériles sont libres dès l'axe. Mais chez *C. Zeilleri*, on compte 28 bractées par verticille, alors qu'il n'y en a que de 16 à 12 chez *C. Ludwigi*. C'est sur cette première base qu'est fondée la détermination

des *Calamostachys* de la couche Grande Delsemme. Les dimensions concordent d'ailleurs de façon complète, bien que notre série permette de saisir d'importantes variations.

La description détaillée de ces nouvelles récoltes permettra donc de préciser les caractères que présente en empreintes l'espèce créée sous le nom de *Calamostachys Ludwigi*, d'après un échantillon assez spécial quant à l'état de conservation; de compléter nos connaissances sur cette espèce d'épis fructificateurs et encore sur ses relations avec les rameaux feuillés, l'échantillon type étant fragmentaire; d'attirer une fois de plus l'attention sur l'intérêt des empreintes, sur le mode de conservation des échantillons de ce type et sur les méthodes de récolte et d'étude.

PALÉONTOLOGIE. — *Rapport entre les cloisons d'*Oppelia subradiata *Sow. et celles de quelques* Oxynoticeras *liasiques* (1). Note de M. **François Favre**, présentée par M. H. Douvillé.

Au cours de mes recherches relatives à l'origine du genre *Oppelia* j'ai été amené à comparer ce genre qui apparaît dans le Bajocien aux espèces liasiques du genre *Oxynoticeras*. J'ai été frappé de la similitude qui existe entre les cloisons d'*Oppelia subradiata* Sow., espèce caractéristique du Bajocien, et celles de deux espèces d'*Oxynoticeras*, appartenant au Charmouthien inférieur : *Ox. Oppeli* Schlœn. et *Ox. numismale* Quenst., espèces que Pompecky (1) fait rentrer dans sa subsérie de l'*Ox. Greenoughi* Hyatt (2).

Je ne voudrais pas affirmer avec certitude que le genre *Oppelia* descend directement de ces *Oxynoticeras*, car je n'ai pas eu sous la main d'assez nombreux matériaux, mais je tiens seulement à noter ici la grande similitude des cloisons espérant pouvoir donner un jour des résultats plus complets sur la parenté de ces deux genres.

Une des caractéristiques les plus frappantes des cloisons d'*Opp. subradiata* est la présence d'un petit lobe secondaire placé parallèlement au lobe siphonal et partageant inégalement la selle externe. Ce lobe secondaire se retrouve,

---

(1) J.-F. Pompecky, *Notes sur les* Oxynoticeras *du Sinémurien supérieur de Portugal et remarques sur le genre* Oxynoticeras (*Communicaçoes da commissao do Servico geologico de Portugal*, t. VI, fasc. 2, Lisbonne, 1906-1907, p. 214).

(2) La cloison d'*Opp. subradiata* est aussi très voisine de celle d'*Ox. Sismondæ* d'Orb.; mais d'après Pompecky (*loc. cit.*, p. 262), cette dernière espèce devrait s'enchaîner au genre *Schlotheimia*.

chez les trois espèces mentionnées plus haut, placé exactement dans les mêmes conditions.

D'autre part les caractères généraux des cloisons sont, dans leurs grandes lignes, exactement les mêmes pour les quatre espèces susnommées. Ces caractères sont les suivants :

Le lobe externe bifide et le premier latéral sont de longueurs à peu près égales; le second lobe latéral, passablement plus court que les deux autres, est trifide de même que le premier latéral. Les lobes adventifs sont au nombre de 3 ou 4. La première selle latérale est beaucoup plus élevée que la selle externe, mais est moins large que cette dernière. La seconde selle latérale est plus basse que les deux autres.

Il me paraît intéressant, alors que la phylogénie des Ammonites et particulièrement celle des *Oppelia* préoccupe tant de savants, de signaler dès aujourd'hui cette curieuse analogie entre les cloisons de plusieurs espèces appartenant à des étages différents.

La séance est levée à 4 heures un quart.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 avril 1911.

Observatoire de Madagascar. *Observations météorologiques faites à Tananarive*, par le R. P. E. Colin; t. VIII-X, 1896-1898. Tananarive, imprimerie de la Mission catholique, 1910; 3 vol. in-8°.

Charles Nodier naturaliste, ses œuvres d'Histoire naturelle publiées et inédites, par Ant. Mangin; *Préface* de M. E.-L. Bouvier, Membre de l'Institut. Paris, A. Hermann et fils, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. E.-L. Bouvier.)

Ponts suspendus, par G. Leinekugel Le Cocq. Tome I : *Ponts suspendus flexibles et semi-rigides*. Tome II : *Ponts suspendus rigides*. Paris, O. Doin et fils, 1911; 2 vol. in-12. (Présenté par M. Hatt, pour un des concours de 1912.)

Bulletin de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco); nos 203-205. Monaco; 3 fasc. in-8°.

Annuaire de la Fondation Thiers, 1911; nouvelle série. Issoudun, imp. Gaignault, 1911, 1 fasc. in-8°.

Essais sur la résistance de l'air et le calcul des aéroplanes, par J. Chovet. Grenoble, A. Anselme, 1911; 1 fasc. in-4°.

Codex alimentarius Austriacus; Bd. I. Vienne, 1911; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. Dafert, Conseiller aulique impérial et royal.)

Untersuchungen einer Serie dicephaler Doppelbildungen, von Anna F.-A.-S. van Westrienen; mit 23 Tafeln. (*Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap;* t. II, fasc. VI, Mémoire III.) Rotterdam, W.-J. van Hengel, 1911; 1 vol. in-4°.

Untersuchungen ueber die physische Beschaffenheit des Planeten Jupiter, von O. Lohse. (*Pub. des Astrophys. Obs. zu Potsdam;* t. XXI.) Potsdam, 1911; 1 vol. in-4°.

Swedish Arctic and Antarctic Explorations, 1758-1910; *Bibliography*, by J.-M. Hulth. Upsala et Stockholm, Almqvist et Wiksell, 1910; 1 vol. in-8°.

La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y su formaciones de contacto, por Alfred Bergeat. (*Boletin del Instituto geológico de México;* n° 27, avec 9 planches et 15 figures.) Mexico, 1910; 1 vol. in-4°.

Le problème des origines, par Ercole Quadrelli. Reggio de Calabre, typ. V. Serafino et fils, 1911; 1 fasc. in-8°.

Contribución al estudio de la acción de los extractos hipofisiarios. Essayos sobre la glandula gardiovascular del lobulo posterior, por Bernardo-A. Houssay.

Buenos-Ayres, A. Guidi Buffarini, s. d. Texte, 1 fasc. in-4°. Graphiques, 1 fasc. in-8° oblong.

Observatorio de Marina de San Fernando. *Carta fotográfica del Cielo :* zona — 3°, Hojas n° 145; zona — 5°, n^{os} 126-128, 136, 143, 151, 156, 164; zona — 7°, n^{os} 22, 33, 36, 39, 40, 72, 74, 91, 166, 172, 174. Paris, imp. L. Schutzenberger; 22 feuilles in-plano.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AVRIL 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les hydrates du fluorure de potassium.* Note [1] de M. DE FORCRAND.

On ne possède encore que très peu de données sur l'hydratation des fluorures alcalino-terreux et alcalins.

On sait seulement que les fluorures alcalino-terreux sont très peu solubles, que la solubilité augmente un peu en passant au fluorure de sodium, et les résultats, peu concordants d'ailleurs, obtenus jusqu'ici pour le fluorure de potassium, indiquent une solubilité plus grande encore; les fluorures de rubidium et de cæsium sont décrits comme très solubles et déliquescents. Il semble donc déjà que la solubilité augmente du calcium au cæsium, c'est-à-dire dans l'ordre que j'ai récemment proposé d'adopter [2].

Quant aux hydrates solides, cristallisés, le composé $KF + 2H^2O$, étudié successivement par Rose, Frémy et par M. Guntz, est le seul hydrate connu.

J'ai d'abord cherché à dresser le Tableau des solubilités, en adoptant les nombres publiés antérieurement pour les alcalino-terreux, et les résultats de mes déterminations pour les fluorures alcalins. J'exprime ces nombres en traduisant en formules la composition de la liqueur saturée. En regard j'ai reproduit le Tableau que j'ai donné récemment pour les chaleurs de dissolution :

---

[1] Reçue dans la séance du 18 avril 1911.

[2] *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 27.

Solubilités vers +18°.			Chaleurs de dissolution [v]ers +15°.	
$\frac{Ca}{2}F$.....	$+120770$	H^2O	$\frac{Ca}{2}F$....................	$-1,35$
$\frac{Sr}{2}F$.....	$+29860$	H^2O	$\frac{Sr}{2}F$....................	$-1,05$
$\frac{Ba}{2}F$.....	$+2993$	H^2O	$\frac{Ba}{2}F$....................	$-0,95$
LiF.....	$+534$	H^2O	LiF....................	$-1,04$
NaF.....	$+60,6$	H^2O	NaF....................	$-0,60$
	à +13°.			
KF......	$+5,76 H^2O$ ou $3,90 H^2O$		KF....................	$+4,10$
RbF.....	$+4,4$	H^2O	RbF....................	$+5,80$
CsF.....	$+2,3$	H^2O	CsF....................	$+8,37$

Ainsi c'est dans cet ordre qu'augmentent à la fois et la solubilité et la chaleur de dissolution.

J'ai cherché à préciser davantage en préparant les hydrates cristallisés des fluorures alcalins, et d'abord ceux du fluorure de potassium.

L'un de ces hydrates est le composé $KF + 2H^2O$, signalé depuis longtemps. C'est lui qui se produit lorsqu'on additionne d'alcool une dissolution aqueuse saturée de fluorure de potassium, ou bien lorsqu'on fait évaporer lentement, sous cloche sèche, cette même dissolution aqueuse saturée; on l'obtient encore lorsqu'on fait dissoudre jusqu'à refus le fluorure anhydre dans l'eau, sans éviter l'échauffement de la liqueur, et qu'on laisse refroidir.

Comme l'indique Frémy, cet hydrate ne se dépose que lorsque la température de la dissolution s'abaisse *au-dessous* de $+40°$; cette condition s'explique aisément, car j'ai constaté que l'hydrate à $2H^2O$ fond à $+41°$.

Ainsi qu'il résulte des observations de Frémy et de M. Guntz, il est difficile d'obtenir ces cristaux parfaitement secs, même en les comprimant (à la presse) plusieurs fois dans des feuilles de papier poreux. L'analyse donne habituellement de 2,10 à $2,16 H^2O$.

Ces cristaux sont en effet assez déliquescents. Cependant en les laissant pendant plusieurs jours sous une cloche en présence d'acide sulfurique un peu hydraté, j'ai pu obtenir l'hydrate non encore effleuri et ayant pour composition : $KF + 2,03 H^2O$. La formule $KF + 2H^2O$ ne peut donc faire de doute.

Mais si on les abandonne à l'air libre, ils tombent en déliquescence et la composition du liquide est alors $HF + 4H^2O$ à $4,5 H^2O$.

Ce fait paraît déjà indiquer qu'il tendrait à se produire un autre hydrate, liquide ou surfondu, à $4H^2O$.

Cependant lorsqu'on fait évaporer à froid, sous cloche sèche, dans les conditions ordinaires, soit la dissolution saturée à $3,9H^2O$ (1), soit ce liquide à $4H^2O$ provenant de la déliquescence de l'hydrate à $2H^2O$, soit encore une dissolution sursaturée obtenue par évaporation à chaud et pouvant contenir seulement $2,27H^2O$, c'est toujours l'hydrate à $2H^2O$, déliquescent et fondant à $+41°$, que l'on obtient.

J'ai alors essayé l'évaporation très rapide sous cloche sèche (en présence de P^2O^5) en faisant le vide. Dans ces conditions, si l'on part d'une dissolution contenant plus de $4H^2O$, c'est encore l'hydrate à $2H^2O$ qui se dépose; avec la dissolution sursaturée à $2,27H^2O$, le résultat est le même, et l'on observe la prise en masse de la liqueur qui forme un bloc de gros cristaux transparents à $2H^2O$ surmonté d'une couche de sel effleuri qui est le sel anhydre. Mais avec une dissolution contenant à peu près 4 à $4,5H^2O$, telle que celle que donne la déliquescence de l'hydrate à $2H^2O$, ou bien avec la dissolution saturée à $3,9H^2O$, les phénomènes qui se produisent sont différents suivant la température de l'expérience.

Au-dessus de $+20°$ on obtient, comme précédemment, l'hydrate à $2H^2O$, déliquescent et fondant à $+41°$.

Au-dessous de $+20°$, il se fait immédiatement une prise en masse comme dans le cas signalé plus haut, avec formation d'un bloc de gros cristaux transparents, surmontés d'une couche de sel effleuri. Mais ici, le sel effleuri est l'hydrate à $2H^2O$, et les gros cristaux sont formés par un nouvel hydrate qui contient exactement $4H^2O$.

L'influence de la température ($\pm 20°$) dans cette expérience s'explique par ce fait que cet hydrate nouveau fond à $+19°,3$.

Il n'est d'ailleurs aucunement déliquescent et peut se conserver sans changement d'aspect et sans augmentation de poids à l'air, même si l'atmosphère est humide.

Mais il est évident qu'il ne peut se maintenir solide que si la température extérieure est inférieure à $+19°,3$. Sinon, il fond et donne un liquide qui a la même composition ($4H^2O$) que les cristaux et que les gouttes provenant de la déliquescence de l'hydrate à $2H^2O$, lesquelles ne sont pas autre chose que l'hydrate à $4H^2O$ surfondu.

---

(1) Préparée en dissolvant l'hydrate à $2H^2O$.

Aussi, si l'on vient à toucher l'une de ces gouttes avec une parcelle de l'hydrate solide à $4H^2O$, la solidification complète a lieu en quelques minutes.

Dès lors, pour préparer plus commodément cet hydrate à $4H^2O$, il suffira de partir d'une dissolution à $4H^2O$ (obtenue par un moyen quelconque) et d'y introduire (à la condition d'opérer au-dessous de $+19°,3$) un petit cristal de l'hydrate solide à $4H^2O$ déjà formé.

C'est sans doute cette condition de température : au-dessous de $+19°,3$, qui a empêché jusqu'ici d'isoler cet hydrate à $4H^2O$.

Pour compléter l'étude de ces combinaisons, j'en ai déterminé, vers $+15°$, les chaleurs de dissolution, qui sont les suivantes :

	Cal
KF solide (sel anhydre)	+4,100 (1)
$KF + 2H^2O$ solide	−2,140 (1)
$KF + 4H^2O$ solide	−6,160
$KF + 3,90H^2O$ liquide (2)	+1,060
$KF + 5,76H^2O$ liquide (3)	+0,375

On déduit d'abord de ces nombres :

	Cal
KF solide $+ 2H^2O$ liq. = KF, $2H^2O$ solide	+6,24
KF solide $+ 2H^2O$ sol. = KF, $2H^2O$ solide	+3,38

soit, pour H^2O solide, $+1^{Cal},69$.

Le bihydrate devrait donc bouillir à $+156°$ centigrades.

KF, $2H^2O$ sol. $+ 2H^2O$ liq. = KF, $4H^2O$ sol	+4,02
KF, $2H^2O$ sol. $+ 2H^2O$ sol. = KF, $4H^2O$ sol	+1,16

soit, pour H^2O solide, $+0^{Cal},58$.

Le tétrahydrate devrait donc bouillir à $+119°$ centigrades.

On peut encore en conclure :

KF, $4H^2O$ sol = KF, $4H^2O$ liq. .... $-7^{Cal},22$

---

(1) Ces nombres sont assez différents de ceux publiés par M. Guntz, soit $+3^{Cal},60$ et $-1^{Cal},00$.

(2) C'est la dissolution saturée (à $+13°$) du bihydrate KF, $2H^2O$, dissolution prélevée en présence de cristaux de bihydrate; elle a sensiblement la même composition que le tétrahydrate. C'est le tétrahydrate surfondu.

(3) C'est la dissolution saturée (à $+13°$) du tétrahydrate, recueillie en présence d'un excès de cristaux du tétrahydrate. On remarquera combien sont différentes les compositions de ces deux dissolutions saturées; la première correspond à 82,76 parties et la seconde à 57 parties seulement du sel anhydre pour 100 parties d'eau.

c'est la chaleur de fusion du tétrahydrate. Si l'on en retranche $4 \times 1,43$ pour les quatre molécules d'eau, il reste $-1^{Cal},5$ pour la fusion de KF. Enfin on pourrait déduire

$$KF, 2H^2O \text{ sol.} + 1,9H^2O \text{ liq.} = \text{dissolution saturée..} \quad -1^{Cal},08$$

tandis que la chaleur de fusion devrait donner $-1,5 - 2 \times 1,43$, soit $-4^{Cal},36$. La différence s'explique par la formation du tétrahydrate. De même

$$KF, 4H^2O \text{ sol.} + 1,76H^2O \text{ liq.} = \text{dissolution saturée..} \quad -5^{Cal},78$$

au lieu de $-1,5 - 4 \times 1,43$, soit $-7^{Cal},22$. La différence est ici bien moindre; elle existe pourtant et laisserait supposer l'existence d'un autre hydrate beaucoup moins stable, plus fusible que le tétrahydrate, probablement à $6H^2O$, et qui pourrait se produire vers 0°.

CORRESPONDANCE.

M. le **Chargé d'affaires d'Italie** transmet les remercîments du Corps du Génie italien et ceux de M. le Capitaine Crocco pour la Médaille d'or de l'Aéronautique que l'Académie a décernée à cet Officier.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le *XXIII^e Bulletin* de la Société d'Histoire naturelle d'Autun. (Présenté par M. Michel Lévy.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains réseaux conjugués.* Note de M. G. Tzitzéica.

1. La méthode que j'ai employée dans deux Notes antérieures permet de distinguer parmi les congruences W une classe particulièrement remarquable, à savoir celle des congruences W qui correspondent à des réseaux conjugués à *invariants égaux* tracés sur la variété quadratique à quatre dimensions Γ de l'espace linéaire à cinq dimensions S_5.

Or, soient (x) un tel réseau, (xyz) et $(xy'z')$ les congruences formées par les génératrices de Γ et dont les développables correspondent aux courbes conjuguées du réseau (x). Alors, d'après un théorème connu de M. Kœnigs, le point x_1, conjugué harmonique de x par rapport aux foyers y et z du rayon xyz, décrit aussi un réseau (x_1) à invariants égaux; on peut continuer ainsi indéfiniment dans le même sens. Évidemment, on a sur Γ

une autre suite indéfinie de réseaux à invariants égaux, en partant de x dans le sens du rayon $xy'z'$.

Si l'on traduit cette propriété, presque intuitive, de l'espace S_5 dans notre espace habituel, on obtient le théorème suivant, qu'on démontrerait difficilement par une autre voie :

Si les tangentes d'un réseau conjugué forment des congruences W, *la même propriété subsiste pour tous les réseaux déduits du premier par l'application successive de la transformation de Laplace.*

2. Les réseaux précédents, dont les tangentes forment des congruences W, et que je désignerai par R, gardent évidemment leur propriété caractéristique après une transformation linéaire quelconque de l'espace et après une transformation duale; un calcul, qui n'est pas très compliqué, montre de plus que ces réseaux sont *isothermes-conjugués*.

J'espère revenir plus tard sur les propriétés générales de ces réseaux R. Je me borne actuellement à indiquer quelques exemples qui ne sont pas dépourvus d'intérêt.

On a tout d'abord les réseaux isothermes-conjugués d'une quadrique. Je profite de cette occasion pour remarquer que ces réseaux sont à invariants égaux et que, réciproquement, tout réseau à invariants égaux d'une quadrique est isotherme-conjugué. J'ajoute encore la propriété suivante : si les développables d'une congruence (MN) découpent sur une quadrique deux réseaux (M) et (N) à invariants égaux, la droite PQ polaire conjuguée de MN par rapport à la même quadrique en fait de même.

Considérons maintenant une surface S applicable sur une quadrique et sur elle le réseau conjugué qu'elle a en commun avec la quadrique : c'est un réseau R.

Il en est de même des réseaux focaux de la congruence formée par les normales d'une surface à courbure totale constante et de la congruence des tangentes doubles d'une surface de Kummer, etc.

3. Mais, parmi les exemples de réseaux R, celui que je veux indiquer maintenant me semble mériter une attention spéciale.

Considérons une transformation linéaire Σ de notre espace, dont les points doubles forment un tétraèdre T, et demandons-nous s'il existe une surface S telle que la droite MM', qui joint un point quelconque M de S avec le point correspondant M' de sa transformée S' par Σ, soit tangente aux deux surfaces S et S'.

T étant pris pour tétraèdre de référence, on trouve pour l'équation de S

$$x_1^{\alpha} x_2^{\beta} x_3^{\gamma} x_4^{\delta} = \text{const.}, \qquad \alpha + \beta + \gamma + \delta = 0,$$

c'est-à-dire une surface W de Klein et Lie.

Géométriquement il est presque évident que les réseaux focaux de la congruence fournie par les droites MM' sont des réseaux R.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales simples de première espèce attachées à une surface algébrique.* Note de M. **Francesco Severi**, présentée par M. Émile Picard.

On sait, d'après M. Picard, que la construction des intégrales simples de première espèce attachées à une surface algébrique irrégulière f, se ramène à la détermination de trois polynomes, d'un ordre déterminé, satisfaisant à une équation différentielle, qui revient, en dernière analyse, à la condition d'intégrabilité (Picard et Simart, *Théorie des fonctions algébriques*, t. I, p. 119).

Toutefois, pour achever la théorie, il faut déterminer d'une façon géométrique les fonctions rationnelles A, B qui entrent dans une différentielle totale de première espèce, $A\,dx + B\,dy$, attachée à f. En d'autres termes, il s'agit de caractériser les A, B par rapport aux singularités de f, en donnant ainsi l'extension aux différentielles totales algébriques, de la construction classique des différentielles abéliennes de première espèce au moyen des courbes adjointes.

J'arrive à la construction suivante : soit m l'ordre de la surface f douée de singularités ordinaires et d'équation

$$f(x, y, z) = 0. \tag{1}$$

Considérons d'abord une surface adjointe $P = 0$, d'ordre $m - 2$, passant par la droite à l'infini du plan $y = 0$ et par les points de contact des plans $y = \text{const.}$, tangents à f. Une telle surface $P = 0$ doit exister nécessairement dès que f possède des intégrales simples de première espèce. Soit D la courbe d'ordre $m - 3$ coupée ultérieurement par $P = 0$ sur le plan à l'infini. Considérons ensuite une autre surface adjointe d'ordre $m - 2$, $Q = 0$, passant par la droite à l'infini du plan $x = 0$, par les points de contact des plans $x = \text{const.}$ et par la courbe D. Ces conditions déter-

minent la surface Q d'une façon unique et l'expression

$$\frac{P\,dx + Q\,dy}{f'_z}$$

est une différentielle totale de première espèce attachée à f. En variant le polynôme P sous les conditions posées, on obtient ainsi toutes les différentielles de première espèce.

La démonstration s'appuie sur le théorème suivant : *La condition pour qu'une intégrale abélienne de première ou de deuxième espèce*

$$(2) \qquad \int A(x, y, z)\,dx,$$

déterminée rationnellement sur la courbe irréductible (1), *où y est envisagé comme un paramètre, ait les périodes indépendantes de y, c'est que l'intégrale ne devient jamais de troisième espèce pour des valeurs particulières du paramètre.*

Je vais exposer ici brièvement la démonstration de ce théorème.

Soit R_y la surface de Riemann de genre p, qui représente la fonction z de x, définie par l'équation (1), lorsque y est envisagé comme un paramètre. On sait que tout cycle de R_y peut s'exprimer au moyen d'une combinaison à coefficients entiers de $2p$ cycles distincts, parmi lesquels r cycles invariants, dont chacun revient en lui-même par toute circulation de y, $2p - r$ autres cycles, dont chacun, σ, peut se réduire à un point simple de la surface f par une variation convenable de y et par suite de R_y (Picard et Simart, t. II, p. 332, 397).

Cela rappelé, supposons que l'intégrale (2) demeure de deuxième (ou de première) espèce quel que soit y et que la courbe $A = \infty$ ne renferme aucune des sections $y = \text{const.}$ Soit (a, b, c) le point de f (point de contact d'un plan $y = b$ tangent à f) auquel se réduit le cycle σ lorsque y aboutit à b. Comme l'intégrale (2), quel que soit y, n'a pas de périodes polaires sur la surface R_y, on aura tout d'abord $\omega(b) = 0$, $\omega(y)$ étant la période de (2) le long de σ. Mais je dis qu'on a aussi

$$\omega'(b) = \omega''(b) = \ldots = 0,$$

de sorte que $\omega(y)$ étant une fonction holomorphe dans le domaine de b, *résulte identiquement nulle.*

Pour ce but il suffit de remarquer que les intégrales

$$(3) \qquad \int \frac{dA}{dy}\,dx, \quad \int \frac{d^2A}{dy^2}\,dx, \quad \ldots,$$

les dérivées $\frac{dA}{dy}, \frac{d^2A}{dy^2}, \dots$ étant calculées en tenant compte que z est fonction de y, demeurent elles-mêmes de deuxième espèce quel que soit y. Il s'ensuit que les périodes $\omega'(y), \omega''(y), \dots$ des intégrales (3) le long du cycle σ, aboutissent à zéro pour $y = b$.

Cette conclusion étant valable pour tout cycle du type σ, on en tire que l'intégrale (2) ne peut avoir de périodes différentes de zéro qu'aux cycles invariants, et comme ces périodes sont des fonctions uniformes et partout finies de y, on en conclut qu'elles sont des constantes. C. Q. F. D.

Une conséquence remarquable, au point de vue invariantif, est la suivante :

Soit $|C|$ *un faisceau linéaire irréductible de courbes tracées sur une surface d'irrégularité* $q = p_g - p_a$, *et soit* $|C'|$ *le système adjoint à* $|C|$. *Les courbes indépendantes* $C + C'$ *qui passent par les points base et par les points doubles isolés des courbes du faisceau, sont justement au nombre de* q.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination de certains mouvements discontinus des fluides.* Note ([1]) de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

Je me propose d'indiquer la détermination complète d'un certain nombre de mouvements permanents discontinus d'un fluide plan irrotationnel (de densité 1), en présence d'un ou de deux obstacles donnés. Ces obstacles pourront faire naître, outre un sillage à l'arrière, des plages de fluide mort sur leur partie antérieure, si leur profil présente quelque « creux » où le fluide qui s'y trouve ne participe pas au mouvement général.

Voici d'abord les énoncés des problèmes que j'ai en vue :

I. Mouvement d'un fluide indéfini renfermant *deux* solides donnés, avec deux sillages distincts à leur arrière.

II. Mouvement d'un jet fluide s'écoulant d'un vase de forme donnée, et rencontrant un obstacle autour duquel il se divise.

III. Un fluide indéfini rencontre un obstacle symétrique présentant deux creux, et se divise autour de l'obstacle.

IV. Un fluide dans un canal rencontre un solide symétrique présentant deux creux.

V. Un jet fluide (limité par du fluide mort) symétrique rencontre un solide symétrique présentant deux creux.

([1]) Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

VI. Un fluide indéfini rencontre un obstacle quelconque présentant un creux.

VII. Un jet fluide, limité d'un côté par du fluide en repos, rencontre un obstacle présentant un creux.

VIII. Un jet fluide, limité des deux côtés par du fluide au repos, rencontre un obstacle présentant un creux.

IX. Un jet fluide, limité d'un côté par une paroi fixe indéfinie et de l'autre par du fluide en repos, rencontre un obstacle donné.

Voici la méthode employée (cf. mes Notes des 21 novembre 1910, 6 février 1911). Appelons ($\mathcal{A}$) le domaine occupé par le fluide en mouvement dans le plan $z = x + iy$ (par la moitié seulement de ce fluide dans les cas III, IV, V). Au domaine ($\mathcal{A}$) correspond un domaine ($\mathcal{B}$) dans le plan $f = \varphi + i\psi$. Je fais alors la représentation conforme de l'aire ($\mathcal{B}$) sur une demi-couronne circulaire d'un plan ζ (les rayons extrêmes étant 1 et $q < 1$) de manière que toutes les parois solides aient leur représentation sur les bords circulaires de la demi-couronne. On doit, à cet effet, utiliser des transformations prises parmi les suivantes, où t et s sont des variables auxiliaires :

$$f = -At - B\log(t-b) + C, \tag{1}$$

$$f = At^2 + A_1 t - B\log(t-a) + C, \tag{2}$$

$$f = -A\log(t-a) - B\log(t-b) + C; \tag{3}$$

$$t = t_0 + \frac{1}{2}\frac{\wp' s - \wp' s_0}{\wp s - \wp s_0}, \tag{4}$$

$$t = \frac{b}{3} + \wp\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta + \omega'\right); \tag{5}$$

$$s = \frac{\omega'}{i\pi}\log\zeta - \frac{s_0}{2} + \omega, \tag{6}$$

$$s = -\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta - \frac{s_0}{2} + \omega + \omega'. \tag{7}$$

	Valeurs à utiliser.	Valeurs de q.
Problème I.......	(2), (4), (6)	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» II......	(3), (4), (7)	$e^{-\frac{\pi\omega'}{i\omega}}$
» III.....	$f = A + \wp\left(\frac{\omega'}{i\pi}\log\zeta\right)$	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» IV......	$f = A\log\left[a + \wp\left(\frac{\omega'}{i\pi}\log\zeta\right)\right]$	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» V......	$f = A\log t$; (4), (6)	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» VI......	$f = (\alpha t + \beta)^2$, (4), (6)	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$

	Valeurs à utiliser.	Valeurs de q.
Problème VII.....	(1), (4), (6)	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» VIII....	(3), (4), (6)	$e^{-\frac{i\pi\omega}{\omega'}}$
» IX......	(3), (5)	$e^{-\frac{\pi\omega'}{i\omega}}$

Maintenant, en posant

$$\omega = u - iv = e^{-i\Omega} = \frac{df}{dz},$$

on peut considérer Ω comme une fonction de ζ régulière dans la demi-couronne ci-dessus, prolongeable analytiquement dans l'autre moitié de la couronne entière.

On peut alors écrire *l'intégrale générale* de chaque problème. Désignons en effet par $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$ les valeurs de l'inclinaison Θ en un point de chaque paroi solide, correspondant à un point d'argument θ sur une frontière circulaire de la couronne. Il suffit de se reporter à la formule (3) de ma Note du 13 mars 1911, pour en conclure pour $\Omega(\zeta)$ l'expression

$$\Omega(\zeta) = \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi}\Phi(\theta)\,\frac{\sigma'\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega_1}{\pi}\theta\,\middle|\,\omega_1, \omega'_1\right)}{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega_1}{\pi}\theta\,\middle|\,\omega_1, \omega'_1\right)}\,d\theta$$

$$- \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi}\Psi(\theta)\,\frac{\sigma'_3\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega_1}{\pi}\theta\,\middle|\,\omega_1, \omega'_1\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega_1}{\pi}\theta\,\middle|\,\omega_1, \omega'_1\right)}\,d\theta,$$

avec d'ailleurs

$$\Phi(2\pi - \theta) = \Phi(\theta), \qquad \Psi(2\pi - \theta) = \Psi(\theta).$$

Les périodes $2\omega_1$, $2\omega'_1$ doivent être liées à q par la formule $q = e^{-\frac{\pi\omega'_1}{i\omega_1}}$, ce qui permet de prendre $\omega_1 = \omega$, $\omega'_1 = \omega'$, pour les problèmes II et IX, et $\omega_1 = \frac{\omega'}{i}$, $\omega'_1 = i\omega$, pour tous les autres.

On peut choisir la fonction $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$, *qui sont les arbitraires de la question*, de manière que chaque paroi solide ait une forme donnée à l'avance. D'où autant d'exemples qu'on veut, où toutes les intégrations s'effectuent jusqu'au bout. Observons encore que $\Phi(\theta)$ et $\Psi(\theta)$ ne sont pas absolument quelconques, mais doivent vérifier la condition

$$\int_0^{\pi}\Phi(\theta)\,d\theta = \int_0^{\pi}\Psi(\theta)\,d\theta,$$

qui résulte de la formule (4) de ma Note du 13 mars, et qu'on peut d'ailleurs démontrer directement.

Tous les éléments du mouvement se déterminent dans chaque problème, et tout se ramène tout au plus à des quadratures. Le détail des calculs sera exposé ailleurs. Signalons cependant que la composante de la résistance de l'obstacle parallèlement au courant général (en amont) prend dans chaque cas des expressions notables.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les métaux soumis à l'extension.* Note de M. L. **Hartmann**, présentée par M. L. Lecornu.

J'ai indiqué, dans une Note précédente, que les expériences actuellement en cours sur les phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux soumis à des efforts d'extension ont permis de mettre en évidence que le mouvement moléculaire s'opère, dès que la limite élastique est dépassée, suivant des orientations faisant un angle α avec l'axe de la barrette.

La constatation de ce fait exige des procédés spéciaux avec les métaux recuits, dont la surface se recouvre le plus généralement d'une granulation uniforme, dans laquelle l'œil ne parvient pas à distinguer les orientations dont il s'agit. L'un de ces procédés, applicable dans presque tous les cas, consiste à repolir avec soin l'une des faces de la barrette; on constitue ainsi un nouveau tableau, sur lequel il devient aisé de discerner les directions suivant lesquelles la matière se déforme, sous l'influence d'un accroissement de la charge à laquelle on s'est arrêté.

Par exemple, un laiton recuit, ayant la composition 67 Cu, 33 Zn, donne les résultats ci-après, quand il est expérimenté sous la forme de barrettes de $\frac{5}{10}$ de millimètre d'épaisseur et de 20^{mm} de largeur. Tout d'abord la limite élastique, qui correspond à la charge totale de 90^{kg}, est décelée par des dépressions élémentaires réparties suivant des tracés sinueux, qui ne s'écartent que peu de deux directions faisant l'angle α avec l'axe. Ces sortes d'alignements, devenus jointifs, cessent d'être perceptibles quand l'effort atteint 100^{kg} et la surface n'offre plus, à partir de ce moment, qu'un aspect granuleux, de plus en plus accusé à mesure que l'effort croît. Si alors on fait disparaître toute trace des déformations antérieures par un polissage aussi poussé que possible, effectué sur place, un accroissement de l'effort

égal à quelques kilogrammes seulement donne naissance, sur la surface ainsi préparée, à des réseaux très nets, d'une grande régularité. Une nouvelle ascension de la charge jusqu'à 220^{kg} a pour effet de resserrer ces réseaux, au point de les rendre indistincts; un second polissage, suivi d'une légère augmentation de l'extension fait ensuite apparaître d'autres réseaux, qui redeviennent, à leur tour, de plus en plus confus, quand la charge monte. Le même phénomène peut être répété aussi souvent qu'on le veut, sans qu'il perde de sa netteté, jusqu'à la formation de la striction générale.

Ce procédé est également avantageux avec les métaux qui n'ont subi qu'un écrouissage modéré, et dont par suite la limite élastique est assez éloignée de la charge de rupture. Il arrive en effet pour ces métaux, que la superposition des déformations obliques des deux systèmes conjugués altère peu à peu la régularité de leur distribution, et, après un certain allongement, il est pour ainsi dire impossible de suivre, au milieu des dénivellations multiples de la surface, la progression du mouvement moléculaire.
L'observation devient au contraire très aisée quand on isole les déformations afférentes à chaque accroissement de l'effort.

J'ajouterai que le polissage limité à l'une des faces de la barrette a pour conséquence un cintrage transversal du métal, la face non polie, primitivement plane, prenant, après cette opération, une concavité accentuée, dont la flèche dépasse 1^{mm} dans les lames de laiton ci-dessus visées. On doit en conclure que le mouvement moléculaire n'a pas la même valeur dans toute l'épaisseur du métal, et que, maximum à la surface, il décroît jusqu'à l'axe. Dans ces conditions, si l'on considère une section droite, la matière qui la constitue subit une tension plus grande suivant le pourtour que dans la région centrale. Quand, dès lors, on vient à enlever en partie le métal de l'une des faces, par polissage, la face opposée subit une contraction élastique, qui, combinée avec la dilatation des éléments voisins de l'axe, lui donne une forme d'autant plus concave que la quantité de métal disparu est plus considérable.

D'autres procédés permettent également de se rendre compte de l'orientation du mouvement moléculaire dans les métaux recuits. On peut, en particulier, faire naître systématiquement des strictions obliques dans des régions déterminées à l'avance, en modifiant l'état de la surface ou des bords, au moyen de trous ou d'encoches.

Notamment, une barrette de 20^{mm} de largeur, munie d'encoches distantes de 20^{mm}, et disposées sur les deux bords, en regard les unes des autres, de manière quelles forment des carrés, est affectée de strictions obliques partant des encoches et faisant l'angle α avec la direction de la lame, à l'exclusion de toute autre striction; un fait à

noter est qu'il ne s'en forme ni entre les encoches normalement opposées, comme on devrait cependant s'y attendre, étant donnée la réduction de section de la barrette suivant cette direction, ni entre celles qui sont aux extrémités des diagonales d'un même carré.

De leur côté, des encoches pratiquées en forme de crémaillère le long des deux bords donnent naissance à des strictions obliques régulières des deux systèmes qui se traversent mutuellement sans influer les unes sur les autres, en dessinant ainsi sur les faces des losanges dont la grande diagonale est dirigée tranversalement.

Un trou circulaire de 1^{mm} au plus de diamètre, ménagé au centre de la barrette, est l'origine d'une croix dont les bras, inclinés de l'angle α sur l'axe, rejoignent progressivement les bords de la lame, à mesure que la charge augmente.

Ces effets sont susceptibles d'être obtenus au cours même de l'essai ; en limant le métal sur les bords, on est à même soit d'accentuer les strictions qui sont en retard sur les autres, de manière à produire une répartition uniforme des déformations sur toute la longueur de la barrette, soit de provoquer le développement exclusif de certaines d'entre elles.

Enfin on peut aussi déterminer la formation de strictions obliques à partir de points quelconques des bords de la barrette, en exerçant sur ces points des pressions de valeur convenable, au moyen de serre-joints prenant appui sur les deux tranches, normalement à l'axe.

SPECTROSCOPIE. — *Sur quelques phénomènes spectraux qui accompagnent le soufflage de l'étincelle par un champ magnétique.* Note de M. **G.-A. Hemsalech.**

Dans une Note antérieure (¹) j'ai établi l'existence de trois phénomènes spectraux que l'on observe quand une étincelle électrique éclate dans un champ magnétique et j'ai donné les indications nécessaires pour l'observation de deux de ces effets. Je complète aujourd'hui cette étude préliminaire par quelques remarques sur le troisième phénomène que j'ai appelé *l'effet transversal.*

Deux électrodes de calcium métallique sont installées dans l'entrefer d'un électro-aimant, de telle sorte que l'étincelle éclate perpendiculairement aux lignes de force. L'étincelle, dont la longueur est d'environ 5^{mm}, est produite par la décharge d'un condensateur de 0,04 microfarad, à

(¹) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 938.

travers une self-induction de 0,012 à 0,05 henry, dont le noyau est formé par un cylindre en tôle de fer. De cette manière, l'étincelle n'est constituée que d'une oscillation unique, riche en vapeur métallique.

Sans le champ magnétique l'étincelle a l'aspect habituel et son spectre donne exclusivement les raies du calcium. Lorsqu'on établit le champ l'étincelle est, comme l'on sait, déviée de sa position originale et avec des champs suffisamment forts (de 4 à 6000 C. G. S.) elle est violemment projetée perpendiculairement aux lignes de force et forme une gerbe de vapeur lumineuse de plusieurs centimètres de hauteur. Le spectre de ce phénomène se compose de raies du calcium et des bandes négatives de l'azote ([1]), ce qui indique que le courant électrique est maintenant transporté en partie par les ions de l'azote. En formant une image de cette gerbe sur la fente d'un spectrographe on peut étudier la hauteur jusqu'à laquelle les différentes raies sont émises. J'ai pu constater ainsi que les raies H et K atteignent sensiblement la même hauteur que la raie bleue λ 4227. On sait ([2]) que lorsqu'on souffle l'étincelle à l'aide de la méthode du courant d'air, la raie bleue est bien plus longue que H et K. De même, les raies d'étincelle 3706 et 3737 accusent dans le champ magnétique une hauteur égale à celle de la raie d'arc 4283, tandis que, avec le courant d'air, cette dernière avait presque le double de la longueur de la raie 3706. Ce sont donc surtout les raies d'étincelle ou « enhanced lines » qui sont sensibles aux modifications de la décharge apportées par le champ magnétique.

Les phénomènes que je viens de signaler deviennent particulièrement intéressants lorsque l'étincelle éclate dans une atmosphère d'hydrogène (il est nécessaire dans ce cas de placer une deuxième étincelle dans l'air en série avec celle dans l'hydrogène). Avec le champ magnétique la décharge s'étend en une vaste nappe d'hydrogène lumineuse, assez mince, de couleur rougeâtre et orientée dans un plan perpendiculaire aux lignes de force comme le disque lumineux donné par l'arc à haute tension. Le bord extérieur de cette nappe est irrégulier quoique nettement délimité. Sa surface présente de nombreuses structures; souvent on y aperçoit des décharges ramifiées se dirigeant vers les bords. Au bord supérieur surgissent des éruptions lumineuses de formes très variées : ce sont les projections de la vapeur du calcium.

Le Tableau suivant donne les intensités relatives des raies de l'hydrogène et du calcium ainsi que leurs hauteurs à partir des électrodes. Les observations ont été faites parallèlement aux lignes de force.

([1]) L'apparition de ces bandes dans une étincelle soufflée par le champ magnétique a déjà été observée par H.-E. Schæffer (*Astroph. Journ.*, t. XXVIII, 1908, p. 134).

([2]) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 220.

Longueurs d'onde.	Intensités relatives.	Hauteurs en millimètres.
6563 Hα	10	21,4
4861 Hβ	4	20,0
4341 Hγ	2	18,8
4227 Ca*g*	1	16,3
4102 Hδ	0	16,3
3969 CaH	12	22,6
3934 CaK	15	23,7

On voit que la raie bleue du calcium est faible, tandis que les raies H et K sont prédominantes et atteignent une altitude plus élevée même que les raies de l'hydrogène. Au voisinage des électrodes, on aperçoit également les autres raies du calcium et l'on peut constater que les raies d'étincelle 3706 et 3737 sont maintenant plus hautes que les fortes raies d'arc 4283 et 4455.

Dans l'oxygène, avec un champ de 6000 C. G. S., la raie bleue atteint presque le même niveau que H et K. Avec un champ de seulement 800 C. G. S., elle devient plus forte et plus longue que H et K. On sait que l'étincelle est beaucoup plus riche en vapeur métallique dans l'oxygène que dans l'hydrogène, et il n'est pas impossible que la densité de la vapeur joue un rôle dans ces modifications des raies spectrales tout comme dans les expériences bien connues de Sir William et Lady Huggins. Mais dans l'explication de ces faits, on doit certainement aussi tenir compte des actions que pourrait exercer la nappe d'hydrogène lumineuse qui est le siège de phénomènes électriques.

Il n'est peut-être pas sans intérêt d'attirer l'attention sur une influence possible des champs magnétiques solaires sur les mouvements des gaz dans leur voisinage. Supposons que de l'hydrogène, dont les atomes portent des charges électriques, se déplace parallèlement à la surface du Soleil et vienne traverser les lignes de force émanant d'une tache. Il serait alors possible que ce courant d'hydrogène éprouve une déviation violente entraînant de la vapeur du calcium qui abonde dans l'atmosphère solaire. Si le gaz est projeté en haut, il pourrait même donner lieu à une éruption dans laquelle la vapeur du calcium serait projetée, tout comme dans l'expérience du laboratoire, à un niveau plus élevé que l'hydrogène. Il est évident qu'une telle éruption ne pourrait pas se produire au-dessus du noyau d'une tache, où les lignes de force sont perpendiculaires à la surface, mais toujours dans son voisinage.

En résumé, le soufflage de l'étincelle par un champ magnétique entraîne

des modifications notables dans le spectre de la vapeur métallique. Le spectre du calcium que j'ai obtenu ainsi dans l'hydrogène se rapproche de celui qu'on observe dans les couches supérieures de la chromosphère du Soleil.

PHYSIQUE. — *Expériences sur la vitesse de la lumière dans les milieux réfringents.* Note (¹) de M. **Gutton**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note précédente (²), j'ai décrit une méthode de comparaison des vitesses de propagation des ondes hertziennes et de la lumière dans l'air. Le même appareil m'a permis aussi de mesurer le rapport des vitesses de la lumière dans l'air et dans un liquide.

La distance des deux condensateurs immergés dans le sulfure de carbone étant de $1^m,18$, on règle, comme je l'ai expliqué, la longueur de la ligne qui aboutit à l'un d'entre eux, de façon à éteindre la lumière qui sort du nicol analyseur. On place ensuite entre les deux condensateurs, un tube de longueur l rempli d'un liquide. Soient V et W les vitesses de la lumière dans l'air et dans le liquide. La durée du trajet et de la lumière entre les deux condensateurs est augmentée d'un intervalle de temps $l\left(\frac{1}{W}-\frac{1}{V}\right)$ et l'analyseur n'éteint plus la lumière. En allongeant la ligne qui amène les ondes hertziennes au second condensateur, jusqu'à retarder celles-ci d'un intervalle de temps égal, on rétablit l'extinction. D'après les expériences déjà décrites, la vitesse des ondes électriques est tellement voisine de celle de la lumière dans l'air, qu'il est inutile ici de tenir compte de leur faible différence; l' étant donc l'allongement de la ligne qui rétablit l'extinction,

$$\frac{l'}{V}=l\left(\frac{1}{W}-\frac{1}{V}\right);$$

d'où

$$\frac{V}{W}=1+\frac{l'}{l}.$$

Le liquide en expérience remplissait un tube de laiton de 1^m de longueur et de 3^{cm} de diamètre. Les deux extrémités étaient fermées par des plaques de laiton, percées d'une ouverture circulaire ayant seulement $0^{cm},4$ de diamètre et bouchée par une

(¹) Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

(²) Gutton, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 685.

lame de verre mince. Le faisceau qui passe dans la région centrale du tube peut ainsi seul sortir et la lumière réfléchie par les parois est éliminée.

La source de lumière était une lampe Nernst (1 ampère, 220 volts). A l'aide d'un prisme et d'une lentille, on projetait un spectre sur un écran de papier noir collé contre la lame qui ferme l'entrée du tube de verre contenant le premier condensateur. Une fente percée dans ce papier laissait passer, entre les armatures, un faisceau étroit de lumière, dont on pouvait faire varier la couleur en tournant le prisme.

Après chaque expérience, on rendait les nicols parallèles et l'on recevait la lumière à sa sortie de l'appareil dans un spectroscope, afin de mesurer la longueur d'onde moyenne du faisceau.

Les expériences ont donné pour le rapport $\frac{V}{W}$ des vitesses de la lumière dans l'air et dans l'eau : 1,32 pour le jaune ; 1,36 pour le bleu ; ces valeurs sont très voisines des indices de réfraction.

Des expériences sur des liquides doués d'une grande dispersion ont donné des résultats qui s'écartent des précédents.

Les mesures ont été faites, pour la naphtaline monobromée, dans une étendue restreinte du spectre, car, à cause de la légère coloration jaune du liquide, les expériences n'étaient possibles que dans l'orange, le jaune et le vert.

Fig. 1.

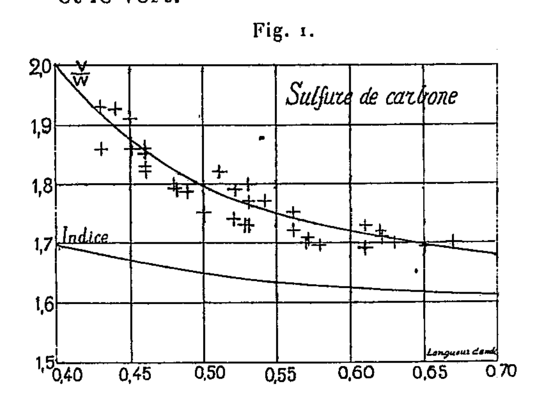
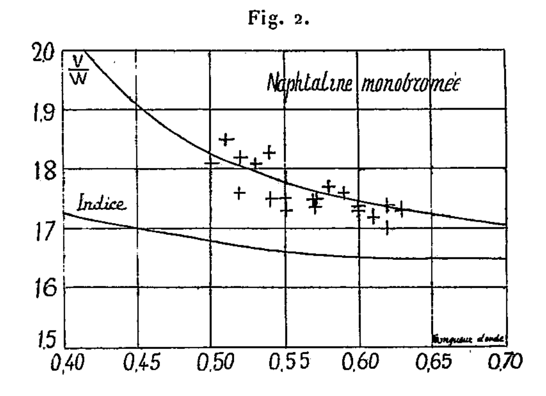


Fig. 2.



Sur les figures, relatives l'une au sulfure de carbone, l'autre à la naphtaline monobromée, les croix représentent les points obtenus en portant en abscisses les longueurs d'onde et en ordonnées le rapport $\frac{V}{W}$. La courbe inférieure représente les valeurs de l'indice de réfraction. $\frac{W}{V}$ est notablement supérieur à l'indice et la figure relative au sulfure de carbone montre que la différence entre les valeurs qui correspondent au rouge et au bleu est beaucoup plus grande que la différence des indices.

Ces résultats sont d'accord avec la théorie développée par M. Gouy [1] dans ses importants Mémoires sur la propagation de la lumière dans les milieux doués de dispersion. Il y montre que des modifications produites sur le trajet des ondes lumineuses se transportent avec une vitesse W plus faible que celle que l'on déduit de l'indice de réfraction. Cette dernière est la vitesse de propagation des ondes elles-mêmes. Entre le rapport $\frac{V}{W}$, l'indice moyen et la longueur d'onde moyenne du faisceau existe la relation

$$\frac{V}{W} = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}.$$

Dans la méthode que j'ai décrite ci-dessus, c'est la vitesse W avec laquelle se transportent des modifications de l'état de polarisation des ondes lumineuses qui intervient.

Les courbes, qui représentent les valeurs de $\frac{V}{W}$, calculées d'après la formule de M. Gouy, ont été représentées sur les figures. On voit que les points trouvés par les expériences se rapprochent beaucoup de cette dernière courbe, tandis qu'ils sont éloignés de la courbe des indices de réfraction.

Pour l'eau, à cause de la faible dispersion, le terme $\lambda \frac{dn}{d\lambda}$ est très petit, et l'expérience donne bien pour le rapport $\frac{V}{W}$ une valeur voisine de l'indice.

Jusqu'ici, toutes les mesures de la vitesse de la lumière dans un liquide avaient été faites par la méthode du miroir tournant. La théorie que je viens de rappeler ne s'y applique pas, mais M. Gouy [2] a démontré qu'à cause de l'effet Doppler-Fizeau, elle mesurait aussi la vitesse W donnée par la formule précédente. Les expériences de M. Michelson [3] et de M. Gouy [4] sur le sulfure de carbone ont vérifié ce fait.

---

(1) Gouy, *Comptes rendus*, t. 91, 1880, p. 877. — *Journal de Liouville*, 3e série, t. VIII, 1882, p. 335. — *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVI, 1889, p. 262.

(2) Gouy, *Comptes rendus*, t. 101, 1885, p. 502.

(3) Michelson, *Astron. papers for the Amer. Ephemeris*, 1885, p. 235.

(4) Gouy, *Comptes rendus*, t. 103, 1886, p. 244.

PHYSIQUE. — *Intensité et qualité des rayons X diffusés par les lames d'aluminium d'épaisseur variée (rayons secondaires).* Note [1] de M. **Guilleminot**, présentée par M. P. Villard.

Si nous admettons que tous les faisceaux simples qui composent un rayonnement X aient, dans la formule que j'ai établie [2],

$$\Sigma \mathrm{RS} = z \mathrm{I}_0 \frac{1 - \mathrm{K}^{2l}}{2}, \tag{I}$$

le même coefficient z de rendement en rayons secondaires, ce qui est probable d'après les expériences que j'ai relatées [3], il est très facile de déterminer l'intensité et la qualité des rayons secondaires émis dans la direction considérée (du côté de la face d'incidence et dans le voisinage de la normale) par des lames d'aluminium d'épaisseur croissante. Une expérimentation simple permet de contrôler les résultats.

A. *Détermination de l'intensité.* — Comme je l'ai déjà dit [4], on peut toujours ramener approximativement un faisceau X quelconque à la somme d'un certain nombre de composantes monochromatiques de même intensité initiale I_0, et convenablement choisies dans le spectre, de telle sorte que la courbe de pénétration du faisceau complexe soit la moyenne entre les courbes exponentielles des composantes. Exprimons arbitrairement la courbe d'un faisceau X complexe en fonction de 10 exponentielles de coefficients de pénétration $\mathrm{K_I}, \mathrm{K_{II}}, \mathrm{K_{III}}, \ldots, \mathrm{K_X}$. La somme des RS émergeant, dans la direction considérée, d'une lame d'aluminium d'épaisseur l irradiée par ce faisceau, sera donnée par la formule

$$\Sigma \mathrm{RS} = \frac{1}{10} z \mathrm{I}_0 \left(\frac{1 - \mathrm{K}_\mathrm{I}^{2l}}{2} + \frac{1 - \mathrm{K}_\mathrm{II}^{2l}}{2} + \frac{1 - \mathrm{K}_\mathrm{III}^{2l}}{2} + \ldots + \frac{1 - \mathrm{K}_\mathrm{X}^{2l}}{2} \right)$$

ou

$$\Sigma \mathrm{RS} = z \mathrm{I}_0 \frac{1 - \dfrac{\mathrm{K}_\mathrm{I}^{2l} + \mathrm{K}_\mathrm{II}^{2l} + \mathrm{K}_\mathrm{III}^{2l} + \ldots + \mathrm{K}_\mathrm{X}^{2l}}{10}}{2}.$$

Mais la fraction $\dfrac{\mathrm{K}_\mathrm{I}^{2l} + \mathrm{K}_\mathrm{II}^{2l} + \mathrm{K}_\mathrm{III}^{2l} \ldots, + \mathrm{K}_\mathrm{X}^{2l}}{10}$ est précisément la fraction

(1) Présentée dans la séance du 18 avril 1911.

(2) *Comptes rendus*, 6 mars 1911.

(3) *Comptes rendus*, 20 mars 1911.

(4) *Radiométrie fluoroscopique*. Paris, Steinheil; 1910.

transmise par le faisceau X primaire à travers une lame d'aluminium d'épaisseur $2l$ double de celle de la lame diffusante, de sorte que, quel que soit le nombre des composantes arbitrairement choisi, et même quand on arrive au spectre continu, on peut écrire, en appelant φ_{2l} la fraction du faisceau X incident, transmise par cette lame d'épaisseur $2l$,

$$\Sigma \mathrm{RS} = z \mathrm{I}_0 \frac{1 - \varphi_{2l}}{2},$$

formule dans laquelle I_0 est l'intensité globale du faisceau X primaire. La vérification expérimentale devient ainsi très simple.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus avec le faisceau n° 7 par chacune des deux méthodes fluoroscopique et radiographique. Les valeurs relatives de la fraction $\frac{1 - \varphi_{2l}}{2}$, et les nombres obtenus expérimentalement, sont rendus comparables par pourcentage.

Épaisseur des lames diffusantes.	Résultats calculés $\left(\frac{1-\varphi_{2l}}{2}\right)$.	Résultats expérimentaux : Radioscopiques. (Intensité trouvée multipliée par 15,9.)	Radiographiques. (Intensité trouvée multipliée par 2,4.)
mm 0,1	0,046	»	0,074 (?)
0,5	0,175	»	0,168
1	0,265	0,254	0,251 à 0,300
2	0,353	0,318	0,300 à 0,348
3	0,396	0,366	0,348 à 0,396
4	0,424	0,413	» »
5	0,443	0,461	0,398 à 0,500
8	0,474	0,485	0,500 faible
30 et au-dessus....	lim. 0,500	0,500	0,500

Un écart assez considérable est à noter pour la lame diffusante de $0^{mm},1$. Il peut s'expliquer : 1° par l'action des RS de l'air qui traversent en retour cette lame ; 2° par l'accroissement du pouvoir radiographique comparé au pouvoir fluoroscopique quand on descend vers les rayons peu pénétrants.

B. *Détermination de la qualité.* — Si l'on considère un faisceau X ou S monochromatique de coefficient K et qu'on le filtre par 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm}, ... d'aluminium, l'intensité du faisceau transmis est égale à l'intensité initiale multipliée par K, K^2, K^3, ... En particulier si l'on considère, à une distance donnée de la lame diffusante, un faisceau S monochromatique

d'intensité $\Sigma RS = z I_0 \frac{1 - K^{2l}}{2}$, et qu'on interpose sur son trajet des filtres de 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm}, ..., l'intensité transmise sera :

Derrière le filtre de 1^{mm}....... $\Sigma RS_I = z I_0 \frac{K - K^{1+2l}}{2}$

Derrière le filtre de 2^{mm}....... $\Sigma RS_{II} = z I_0 \frac{K^2 - K^{2+2l}}{2}$

....

Si au lieu d'un faisceau monochromatique on prend un faisceau ordinaire il est facile de voir, en répétant le raisonnement ci-dessus et en appelant φ_{2l}, φ_1, φ_{1+2l}, ... les fractions du rayonnement X primaire transmise par des lames d'épaisseur $2l$, 1^{mm}, $2l + 1$, ..., que les intensités des RS transmises par l'analyseur seront respectivement :

Orifice sans filtre.............. $\Sigma RS = z I_0 \frac{1 - \varphi_{2l}}{2}$

Filtre de 1^{mm}.................. $\Sigma RS = z I_0 \frac{\varphi_1 - \varphi_{1+2l}}{2}$

Filtre de 2^{mm}.................. $\Sigma RS = z I_0 \frac{\varphi_2 - \varphi_{2+2l}}{2}$

....

Le Tableau suivant permet de comparer les résultats théoriques avec les résultats expérimentaux. Il a été établi en ramenant à 1 l'intensité du faisceau S mesuré sans filtre, et en pourcentant les intensités derrière les filtres.

Épaisseur de la lame diffusante		$0^{mm},5$.	1^{mm}.	2^{mm}.	5^{mm}.	8^{mm}.	30^{mm} et plus.
Résultats calculés.	Filtre 0.....	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	» 1.....	0,518	0,540	0,575	0,621	0,638	0,650
	» 2.....	0,302	0,330	0,372	0,431	0,453	0,469
	» 3.....	0,198	0,225	0,265	0,324	0,346	0,363
Résultats radioscopiques.	Filtre 0.....	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	»
	» 1.....	0,49	0,49	0,60	0,59	0,64	»
	» 2.....	0,36	0,35	0,42	0,41	0,47	»
	» 3.....	0,22	0,24	0,31	0,31	0,36	»
Résultats fluoroscopiques.	Filtre 0.....	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	» 1.....	0,55	0,55	0,56	0,59	0,65	0,68
	» 2.....	0,36	0,38	0,38	0,45	0,45	9,48
	» 3.....	0,23	0,23	0,29	0,36	0,33	0,33

En faisant la part des erreurs de mesure on voit que les nombres expéri-

mentaux sont assez voisins des nombres théoriques. On remarquera que la courbe de transmission des RS émis par des lames de plus en plus épaisses tend vers une limite qui est précisément la courbe du faisceau X primaire. Ce faisceau a en effet pour cotes à 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm} les fractions 0,65, 0,469, 0,363. Il suffit de voir la formule ci-dessus pour se rendre compte de ce fait.

Je l'ai contrôlé en radiographiant par 3 heures de pose un radiochromètre irradié par un faisceau S émis par une zone *très réduite* d'une planche d'aluminium afin d'éviter l'irradiation oblique des secteurs en tous sens. Le numéro m'a paru être le même que celui du faisceau X primaire.

Conclusion. — Des expériences relatées dans cette Note et dans les deux précédentes, je crois pouvoir conclure que les RS non déviables de l'aluminium sont constitués par les rayons X primaires diffusés et non par une radiation nouvelle, et que la formule de transmission du faisceau primaire leur est applicable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Courbes de fusibilité des mélanges gazeux, combinaisons de l'acide chlorhydrique et de l'anhydride sulfureux avec l'alcool méthylique.* Note de MM. **Georges Baume** et **Georges Pamfil**, présentée par M. G. Lemoine.

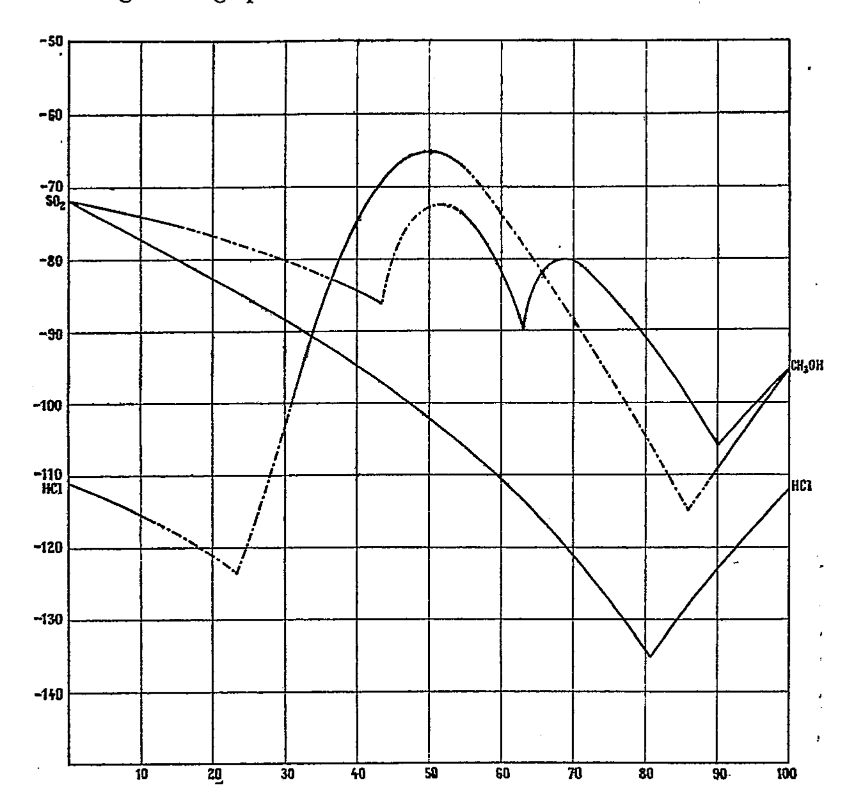
I. On connaît l'intérêt que présente la connaissance des diagrammes de fusibilité pour l'étude du mécanisme des réactions de substitution et des composés oxoniens ([1]). La présente Note a pour but de faire connaître les courbes de solidification commençante des systèmes ($CH^3OH - HCl$), ($CH^3OH - SO^2$), qui ne sont pas sans importance à ce double point de vue.

II. Nous avons pu employer dans ces recherches la méthode déjà décrite par l'un de nous dans ce Recueil ([2]), bien qu'un grand nombre de mélanges ait présenté le phénomène de vitrification, ou simplement une viscosité considérable; celle-ci conduit à des surfusions si importantes qu'elles rendent illusoire toute détermination de la température de solidification

([1]) Ph.-A. Guye, *Journ. Chim. phys.*, t. VIII, 1910, p. 119.

([2]) G. Baume, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1322 (oxyde de méthyle avec HCl et SO^2). — G. Baume et F.-L. Perrot, *Ibid.*, t. 151, 1910, p. 528 (oxyde de méthyle et alcool méthylique avec NH^3).

commençante par les procédés habituels. Il est cependant possible, dans certains cas, de construire une partie de ces courbes par réchauffement très lent et brassage énergique de la masse cristallisée.



III. Sans insister sur le détail des opérations qui seront réunies dans un autre Recueil, nous indiquerons sommairement les résultats de nos mesures :

1° La plupart des mélanges du système ($CH^3OH - HCl$) sont incristallisables (*vitrification*). Toutefois, nous avons pu étudier d'une façon certaine ceux qui titrent entre 0 et 10 pour 100; 35 et 55 pour 100; 90 et 100 pour 100 d'alcool méthylique (¹) : les résultats obtenus permettent

(¹) On rapprochera nos recherches des importants travaux chimiques d'Archibald et Mac Intosh sur les propriétés basiques de l'oxygène, sur lesquels nous reviendrons dans un autre Recueil (*Journ. Chem. Soc. London*, t. LXXXV, p. 919, et LXXXVII, p. 784; *Journ. Amer. chem. Soc.*, t. XXVII, p. 26 et 1013; t. XXVIII, p. 588; t. XXX, p. 1097; t. XXXIII, p. 71; *Journ. phys. Chemistry*, t. XII, p. 267).

de caractériser un maximum très net, correspondant à la combinaison ($CH^3OH + HCl$), premier stade de la formation du chlorure de méthyle.

2° Le système ($CH^3OH - SO^2$) a pu être étudié sur une étendue plus considérable que le précédent; les mélanges compris entre 0 et 10 pour 100, 37 et 42 pour 100, 55 et 100 pour 100 CH^3OH ont été accessibles à l'expérience, malgré les surfusions importantes qu'ils ont présentées en raison de leur grande viscosité. L'allure générale des portions de courbes ainsi déterminées permet de caractériser nettement les deux combinaisons, normales au point de vue chimique :

$$(CH^3OH + SO^2) \quad (2\,CH^3OH + SO^2).$$

3° Nous avons joint, aux deux diagrammes précédents, celui du système ($SO^2 - HCl$), qui complète naturellement cette étude; ce diagramme est normal, avec un seul eutectique et sans maximum (¹), ainsi qu'on peut le constater sur la figure ci-contre, où l'on trouvera également les portions des courbes de fusibilité ($CH^3OH - HCl$) et ($CH^3OH - SO^2$) qu'il nous a été possible de déterminer. Les traits en pointillé qui complètent ces deux derniers diagrammes ne représentent, bien entendu, que leur allure possible : on sait, en effet, qu'on peut considérer les phénomènes de viscosité que nous venons de signaler, comme l'indice d'une combinaison d'addition dans les régions où ils se produisent (²).

CÉRAMIQUE. — *Sur la préparation de l'émail noir des poteries grecques par l'oxyde ferroso-ferrique naturel.* Note de M. **L. Franchet**, présentée par M. A. Lacroix.

En 1844, Brongniart, se basant sur les expériences de Salvétat, a signalé la présence, que j'ai pu constater depuis, de l'oxyde de manganèse dans l'émail noir (qu'il appelle *lustre*) des poteries italo-grecques, émail dont le véritable colorant est, en réalité, l'oxyde ferroso-ferrique. Contrairement à l'opinion de Brongniart, la petite quantité d'oxyde de manganèse qui s'y trouve mélangée a une provenance accidentelle, comme je le montrerai

(¹) Ces deux gaz semblent réagir aux pressions élevées, au-dessus du point critique du mélange étudié (*Cf.* Briner et Wroczynski, *Journ. Chim. phys.*, t. IX, 1911, p. 121).

(²) *Cf.* Tsakalotos et Guye, *Journ. Chim. phys.*, t. VIII, 1910, p. 353.

tout à l'heure. Salvétat a proposé, pour reproduire cet émail, d'introduire, dans un fondant calcaire, un mélange par parties égales d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse : cette formule est certainement erronée, en raison de la teneur très faible de ce dernier oxyde dans l'émail grec.

D'autre part M. Verneuil, dans une Note publiée récemment, indique un autre procédé qui consiste à introduire du fer métallique très divisé, dans un fondant fait avec la pâte même de la poterie grecque. L'auteur fait remarquer, avec juste raison, que le broyage du fer, à l'état impalpable, offre les plus grandes difficultés et il émet l'hypothèse que les Grecs ont, peut-être, préparé le fer en poudre en réduisant l'oxyde par le charbon.

Or, à la suite des recherches que j'ai effectuées en étudiant une série de poteries italo-grecques que m'avait remise M. Pottier, conservateur de la céramique au Musée du Louvre, j'étais arrivé à des conclusions tout autres que j'ai, du reste, énoncées il y a plusieurs mois, à l'École d'Anthropologie, au cours de mes leçons sur la céramique primitive.

Les échantillons communiqués par M. Pottier comprennent : dipylon attique du VIII^e siècle avant Jésus-Christ, poterie corinthienne du VII^e siècle, poteries attiques à figures noires du VI^e siècle et à figures rouges du V^e siècle, poteries italiotes du IV^e siècle.

Toutes ces poteries sont à pâte calcaire et ferrugineuse ; elles renferment, en outre, de petites quantités d'oxyde de manganèse, fait digne de remarque, si l'on veut utiliser ces pâtes comme base du fondant. On sait, en effet, qu'en présence du manganèse, même en faible quantité, le ton noir donné par l'oxyde de fer devient plus fixe.

L'émail noir, très opaque, est constitué par un fondant et un colorant. L'opacité est due à un excès de colorant qui ne s'est pas dissous dans le fondant.

Nous ignorons la formule exacte des Grecs, mais nous avons d'importants renseignements dans les anciens écrits du II^e siècle avant J.-C. au II^e siècle de notre ère, notamment dans ceux de Théophraste, de Dioscoride, de Vitruve et de Pline, ainsi que dans certaines traditions qui sont passées de l'Égypte en Grèce et que nous retrouvons en Gaule à l'époque romaine, puis au Moyen-Age et dont beaucoup subsistent encore aujourd'hui ; nous pouvons du reste les suivre à travers les siècles.

Fondant. — Le fondant initial dont nous voyons la première trace en Égypte, dès la XVIII^e dynastie, est composé de silice et de sels de potasse et de soude : nous le retrouvons chez tous les peuples et à toutes les époques. Il ne disparut pas lorsque, à l'époque Saïte, le fondant plombeux devint d'un usage courant chez les potiers

égyptiens auxquels l'empruntèrent les Perses, au temps de Cambyse, et qui fut introduit en Occident par les Romains, mais généralisé par les Arabes.

Le fondant, composé uniquement de silice et des sels obtenus par lévigation des cendres (de préférence celles du Levant), était encore en usage au XVII^e siècle, notamment pour obtenir le noir sur verre, par mélange avec 50 pour 100 de battitures de fer (Néri).

Colorant. — Les battitures pouvaient convenir comme colorant d'un tel émail, en raison du point de fusion peu élevé de celui-ci (rouge naissant), mais elles sont inutilisables pour un émail qui, comme celui des Grecs, se vitrifie vers 850° et se cuit en feu oxydant.

Or, les anciens auteurs grecs et latins nous disent que les produits naturels étaient constamment employés dans la préparation des couleurs minérales : on se servait particulièrement, pour les noirs et les bruns, des minerais de fer et de manganèse simplement broyés.

D'autre part l'un des minerais de fer, qui jouissait du plus grand renom, était l'oxyde ferroso-ferrique naturel, la magnétite (*magnes*, dans l'antiquité) que l'on tirait de l'Asie-Mineure, de la Thessalie et de la Macédoine. Les Romains, qui ont employé l'émail noir des Grecs, prenaient peut-être leur magnétite dans le Piémont ou à l'île d'Elbe dont les gisements de fer sont exploités depuis environ 3000 ans.

La magnétite contient quelques impuretés, et les spécimens de provenances diverses que j'ai examinés renfermaient tous de l'oxyde de manganèse, même un échantillon cristallisé venant du Piémont.

C'est donc en me basant sur ces données que j'ai établi les deux formules suivantes :

Fondant...	Sable quartzeux.....	55	Émail...	Fondant.........	50
	Carbonate de soude..	45		Magnétite........	50

Le fondant est préalablement fondu, puis mélangé, par simple broyage, avec la magnétite.

Le carbonate de soude du commerce et les sels alcalins que j'ai extraits des cendres de bois, m'ont donné des résultats identiques. Il en a été de même pour l'émail fait avec les divers échantillons de magnétite, essayés : Piémont, île d'Elbe, Norvège (ainsi qu'un spécimen provenant du Chili).

J'ai ainsi obtenu, en feu oxydant, un émail très opaque, très noir, présentant souvent les reflets verdâtres ou bleutés que l'on observe sur les poteries italo-grecques. Il se vitrifie à une température voisine de 850°.

En substituant dans le fondant, à 10 parties de silice, une quantité équivalente de craie, on obtient également l'émail noir ; mais en substituant à la magnétite l'oxyde ferroso-ferrique pur, préparé, j'ai obtenu un émail brun (ou vert, suivant la nature du fondant employé).

Il est probable que, pour donner de la viscosité à l'émail et pour faciliter son application régulière, on lui ait adjoint un mucilage quelconque, comme nous le pratiquons aujourd'hui. En outre, le charbon qui se formait dans la masse de l'émail, au moment de la cuisson, retardait l'oxydation.

Ce mucilage était vraisemblablement du gluten, car Pline l'Ancien nous apprend que ce produit servait dans la peinture ordinaire, à fixer la couleur noire. Or il est à présumer que les premiers peintres céramistes ont suivi la méthode qui leur avait été enseignée par les maîtres, auprès desquels ils avaient puisé les principes de leur art.

Les Grecs ne sont pas les inventeurs de cet émail noir à base d'oxyde de fer : il avait pris naissance en Égypte, bien antérieurement; de là il s'était répandu dans tout le bassin de la mer Égée et nous le retrouvons enfin, plus tard, chez les Romains qui l'introduisirent en Gaule d'où il disparut vers le IV^e siècle de notre ère.

En résumé, je suis fondé à admettre que l'émail noir des poteries antiques, provenant de ces régions, fut obtenu avec la magnétite; en outre c'est ce minéral qui a introduit accidentellement dans l'émail une petite quantité de manganèse.

Le fondant devait être fait de silice et de sels alcalins, car la terre à poteries ne paraît pas avoir été employée à aucune époque, comme base d'un fondant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'alcools secondaires-α-cétoniques.* Note (¹) de M. **D. Gauthier**, présentée par M. A. Haller.

Les seuls alcools secondaires α-cétoniques décrits jusqu'à ce jour sont tous de la forme

$$R - CHOH - CO - R,$$

R représentant, de part et d'autre, un même radical alcoolique.

Bouveault et Locquin (²), qui ont désigné ces corps sous le nom d'*acyloïnes*, ont montré qu'on pouvait facilement les préparer en faisant réagir le sodium sur les éthers-sels des acides gras et ils en ont fait une étude approfondie.

Etant données les transformations auxquelles se prêtent ces acyloïnes,

(¹) Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

(²) Bouveault et Locquin, *Bull. Soc. chim.*, 3^e série, t. XXXV, p. 629.

il nous a paru intéressant de chercher à obtenir les oxycétones du type plus général

$$R_1 - CHOH - CO - R_2$$

acyloïnes mixtes, que la méthode précédente ne peut fournir et qui offriraient elles-mêmes un champ plus vaste à la synthèse.

Dans l'exposé de précédentes recherches (¹) nous avons déjà fait connaître un certain nombre d'alcoyloxycétones du type

$$R_1 - CHOR - CO - R_2,$$

éthers-oxydes de ces acyloïnes mixtes, mais les procédés habituels de saponifications des éthers-acides, appliqués à ceux-ci, ne nous ont pas permis de libérer la fonction alcoolique sans modifier autrement leur molécule.

Par contre, il nous a été facile d'atteindre notre but en appliquant la réaction de Blaise aux oxynitriles

$$R_1 - CHOH - CAz,$$

lesquels résultent de la fixation de l'acide cyanhydrique sur les aldéhydes. En présence de 2^{mol} d'un organo-magnésien R_2MgX, 1^{mol} d'oxynitrile engendre un complexe

$$R_1 - CHO(MgX) - C\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup\!\!\diagup AzMgX}{\diagdown R_2}$$

que l'eau décompose ensuite en régénérant la fonction alcool, tandis que la fonction nitrile devient fonction cétone :

$$R_1 - CHOMgX - C\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup\!\!\diagup AzMgX}{\diagdown R_2} \xrightarrow{H^2O} R_1 - CHOH - CO - R_2.$$

Nous avons pu, de la sorte, réaliser avec de bons rendements la synthèse des oxycétones suivantes :

1° *Oxy-2-pentanone-3* $CH^3 - CHOH - CO - CH^2 - CH^3$. — Obtenue avec un rendement de 60 pour 100 par l'action de C^2H^5MgBr sur $CH^3 - CHOH - CAz$. Liquide bouillant à 63° sous 20^{mm}, qui réduit très énergiquement la liqueur cupropotassique et le nitrate d'argent ammoniacal. Donne très facilement une semicarbazone cristallisée fondant à 201°.

1^{mol} de cet alcool cétonique, soumise à son tour à l'action de 2^{mol} d'éthylbromure

(¹) D. Gauthier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVI, p. 289.

de magnésium, nous a donné le glycol

$$CH^3 - CHOH - COH\langle{}^{C^2H^5}_{C^2H^5},$$

bouillant à 105° sous 17mm.

Vers la température de 250° et au contact du cuivre réduit, cette oxyeétone perd de l'hydrogène et forme la diacétone déjà connue

$$CH^3 - CO - CO - CH^2 - CH^3.$$

Nous avons pu, d'ailleurs, fixer 1mol d'acide cyanhydrique sur le groupement cétonique de cette acyloïne mixte et engendrer le composé glycol et nitrile

$$CH^3 - CHOH - COH\langle{}^{C^2H^5}_{CAz},$$

bouillant vers 130° sous 20mm et dont nous nous proposons d'étudier la déshydratation avec l'espoir d'aboutir au nitrile β-cétonique

$$CH^3 - CO - CH\langle{}^{C^2H^5}_{CAz}.$$

2° *Méthyl-2-oxy-3-hexanone-4* $CH^3 - \underset{CH^3}{\underset{|}{CH}} - CHOH - CO - CH^2 - CH^3$. — Obtenue avec un rendement d'environ 70 pour 100 par l'action de C^2H^5MgBr sur $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CH - CHOH - CAz$. Liquide bouillant vers 85° sous 45mm, fournissant une semicarbazone qui fond à 90°. Présente les propriétés réductrices de la précédente oxycétone.

3° *Diméthyl-2.5-oxy-3-hexanone-4* $CH^3 - \underset{CH^3}{\underset{|}{CH}} - CHOH - CO - \underset{CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^3$. — Ce composé, qui n'est pas autre chose que l'isobutyroïne de Bouveault et Locquin, bouillant à 83° sous 26mm, a été préparé, à titre de vérification de notre méthode, par l'action de $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CHMgI$ sur $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CH - CHOH - CAz$. Il a été obtenu avec un rendement dépassant 70 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'oxyberbérine.* Note [1] de MM. **Amé Pictet** et **Alphonse Gams**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis les travaux de Perkin et de Gadamer sur la berbérine, on admet, dans la molécule des sels de cet alcaloïde, l'existence du groupement ato-

(1) Présentée dans la séance du 18 avril 1911.

mique

$$
\begin{array}{c}
\mathrm{C} \\
\mathrm{CH^2}\langle^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}} \quad \mathrm{C} \\
\mathrm{N} \\
\mathrm{C} \quad \mathrm{C} \\
\mathrm{C} \\
\mathrm{OCH^3} \\
\mathrm{OCH^3}.
\end{array}
$$

Nous nous sommes proposé de reproduire artificiellement ce groupement. Nos essais nous ont conduits jusqu'ici à la synthèse de l'*oxyberbérine*

$$
\begin{array}{c}
\mathrm{CH^2} \\
\mathrm{CH^2}\langle^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}} \quad \mathrm{CH^2} \\
\mathrm{N} \\
\mathrm{C} \quad \mathrm{CO} \\
\| \\
\mathrm{CH} \\
\mathrm{OCH^3} \\
\mathrm{OCH^3}
\end{array}
$$

identique à l'un des produits de l'oxydation de la berbérine naturelle par le permanganate (Perkin), ou sous l'action des alcalis (Gadamer).

Nous partons du *pipéronal* et de l'*acide opianique*. En faisant agir le nitrométhane sur le pipéronal, et en réduisant le produit, nous obtenons l'*homopipéronylamine* $\mathrm{CH^2}\langle^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}}\rangle \mathrm{C^6H^3}-\mathrm{CH^2}-\mathrm{CH^2}$, déjà décrite par Medinger en 1906 [1]. Cette base, soumise à l'action de l'aldéhyde formique, ou du méthylal en présence d'acide chlorhydrique concentré, nous a fourni la *norhydrohydrastinine* (méthylène-dioxytétrahydro-isoquinoléine), liquide incolore, bouillant à 197-199° sous 50$^{\mathrm{mm}}$ de pression [1] :

$$
\mathrm{CH^2}\langle^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}} \overset{\mathrm{CH^2}}{} \begin{array}{l}\mathrm{CH^2}\\ \mathrm{NH^2}\end{array} + \mathrm{CH^2O} = \mathrm{CH^2}\langle^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}} \overset{\mathrm{CH^2}}{\underset{\mathrm{CH^2}}{}} \begin{array}{l}\mathrm{CH^2}\\ \mathrm{NH}\end{array} + \mathrm{H^2O}.
$$

Nous avons cherché ensuite à condenser la norhydrohydrastinine avec l'acide opianique. Les produits sont différents suivant les conditions.

---

(1) *Monatshefte für Chemie*, t. XXVII, p. 237.

La condensation n'a lieu, entre le groupe aldéhydique de l'acide opianique et le groupe méthylène 1 de la norhydrohydrastinine, que si le carboxyle de l'acide a été préalablement éthérifié et l'atome d'hydrogène imidique de la base remplacé par un radical fortement acide. Nous avons donc converti l'acide opianique en son éther méthylique et la norhydrohydrastinine en son dérivé *ortho-nitrobenzoylé* (aiguilles fusibles à 103°-105°). Le mélange équimoléculaire de ces deux corps dissous dans l'acide sulfurique concentré est abandonné à lui-même pendant 10 jours vers 15°. Lorsqu'on le verse ensuite dans l'eau froide, on obtient un précipité d'un corps neutre, fusible à 156°-158°, de formule $C^{28}H^{24}N^{2}O^{9}$. Ses transformations montrent qu'il a pris naissance selon l'équation

$CH^2\langle O_2 \rangle C_6H_2 (CH^2)(CH^2)(CH^2) N-CO-C^6H^4-NO^2$ + CH^2O (C₆H₂)(COOCH³)(OCH³)(OCH³) = $CH^2\langle O_2\rangle C_6H_2(CH^2)(CH^2)N-CO-C^6H^4-NO^2$ (C=CH–C₆H₂(COOCH³)(OCH³)(OCH³)) + H^2O

Nitrobenzoyl-norhydrohydrastinine. — Opianate de méthyle.

On saponifie ce produit en le chauffant, en tubes scellés, 2-3 heures à 140°-150° avec de la potasse alcoolique. Le contenu des tubes est versé ensuite dans l'eau; on obtient une solution claire qui, acidifiée par HCl, laisse déposer un précipité cristallin formé d'un mélange de deux corps : l'un est l'acide ortho-nitrobenzoïque; l'autre, insoluble dans les alcalis et dans les acides, répond à $C^{20}H^{17}NO^{4}$. Il est identique à l'*oxyberbérine* de Perkin et de Gadamer. Purifié par cristallisation dans l'alcool ou le benzène, il forme des paillettes brillantes, fusibles à 199°-200°; il se dissout dans le xylène avec une fluorescence bleue et donne, en solution sulfurique, une coloration violette par une trace d'acide nitrique. Sa formation s'explique comme suit :

$CH^2\langle O_2\rangle$ (CH², CH²) N – CO – C⁶H⁴ – NO², C=CH–(COOCH³)(OCH³)(OCH³) → $CH^2\langle O_2\rangle$ (CH², CH²) NH, C=CH–(COOH)(OCH³)(OCH³) → $CH^2\langle O_2\rangle$ (CH², CH²) N–CO, C=CH–(OCH³)(OCH³)

Oxyberbérine.

L'oxyberbérine de synthèse est incolore. Comme l'avait déjà remarqué

---

(1) Cette réaction est susceptible de généralisation et nous avons pu l'appliquer à la préparation d'une série d'autres dérivés de l'isoquinoléine. Nous y reviendrons.

Faltis [1], la coloration de celle qui vient de la berbérine naturelle est due à une impureté.

Toutes les tentatives que nous avons faites pour transformer l'oxyberbérine en berbérine ou en hydroberbérine sont restées infructueuses. Ainsi que l'ont déjà observé Gadamer et Faltis, les réducteurs usuels sont sans action sur l'oxyberbérine. Il en est de même du sodium en présence d'alcool amylique bouillant, ainsi que de l'électrolyse en solution sulfurique (qui réussit dans le cas très analogue de la strychnine). Mais en traitant l'oxyberbérine par PCl^5, nous avons obtenu un produit chloré, réductible par l'étain et l'acide chlorhydrique en donnant une base incolore qui se rapproche beaucoup de la tétrahydroberbérine, sans être identique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'éther-ββ-diméthylglycidique avec l'éther bromacétique.* Note de MM. **G. Darzens** et **J. Sejourné**, présentée par M. A. Haller.

L'un de nous a montré dans une Note précédente [2] que l'éther diméthylglycique se condensait sous l'action du zinc avec les iodures et bromures alcooliques. Il était naturel de penser que cette réaction ne se limitait pas aux éthers halogénés seuls, mais qu'elle s'étendait à d'autres dérivés. Nous nous proposons de montrer qu'elle se généralise facilement aux éthers α bromés en menant à d'intéressantes synthèses.

Si l'on verse lentement, à l'aide d'une ampoule à robinet, un mélange de molécules égales d'éther ββ-diméthylglycidique et de bromacétate d'éthyle dans un ballon en relation avec un réfrigérant ascendant et renfermant 65g de zinc pur en limaille et 300g de benzine maintenue à l'ébullition, on ne tarde pas à observer une vive réaction qui s'accompagne de la dissolution du zinc. La chaleur dégagée est suffisante pour maintenir l'ébullition malgré la suppression du feu.

Lorsque tout le mélange a été versé et que le zinc a entièrement disparu, le contenu du ballon est limpide et à peine coloré en jaune. On le verse dans l'eau glacée additionnée d'une molécule d'acide sulfurique pour décomposer le dérivé organo-zincique; l'huile décantée est ensuite soigneusement lavée à l'eau, au carbonate de soude à 10 pour 100, séchée sur SO^4Na^2 et enfin rectifiée au vide après en avoir chassé la benzine.

Deux rectifications isolent facilement le produit de la réaction constitué par un

(1) *Monatshefte für Chemie*, t. XXXI, p. 557.

(2) *Comptes rendus*, t. 152, p. 443.

liquide incolore, à odeur légèrement aromatique, et distillant sans décomposition à 120°-121° sous 3mm et à 254° à la pression ordinaire. Les rendements sont de 65 à 70 pour 100.

Comme on le voit cette condensation est des plus faciles, elle n'exige pas l'emploi du couple zinc-cuivre pour assurer l'amorçage; elle rappelle par ses caractères les condensations de Reformalsky entre les éthers α bromés et les cétones ou les aldéhydes.

La réaction normale de condensation entre l'éther diméthylglycidique et l'éther bromacétique devrait conduire à l'un des deux corps suivants :

$$(I)\quad \frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!C(OH) - \underset{|\atop CH^2 - CO^2C^2H^5}{CH} - CO^2C^2H^5 \qquad (II)\quad \frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!\underset{|\atop CH^2 - CO^2C^2H^5}{C} - CH(OH) - CO^2C^2H^5$$

dont l'un est l'éther diatérébique et l'autre l'éther de l'acide α-oxy-ββ-diméthylglutarique tous deux connus. Le corps dont nous venons de donner la préparation a bien une composition centésimale qui répond à la formule $C^{11}H^{20}O^5$, mais l'ensemble de ses propriétés le distingue nettement des deux formules susmentionnées et lui assigne celle de l'éther α-oxy-α-isopropylsuccinique :

$$(III)\quad \frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!CH - \underset{|\atop CH^2 - CO^2C^2H^5}{C(OH)} - CO^2C^2H^5$$

Si l'on saponifie, en effet, cet éther par l'eau de baryte, on obtient un sel de baryum très peu soluble dans l'eau, et qu'il est, par suite, facile de purifier par essorage et lavage à l'alcool; en le traitant par l'acide chlorhydrique étendu, on le décompose en mettant en liberté un acide ayant pour composition $C^7H^{12}O^5$, et fondant, après plusieurs cristallisations, dans un mélange d'alcool et de benzine, à 139°.

Cet acide est, ainsi qu'on le voit, bien différent de ceux des éthers (I) et (II) qui se lactonisent au moment où on les met en liberté, pour donner des corps fondant à 174° (acide térébique) et à 112°.

Traité à froid par l'acide sulfurique à 90 pour 100, il se décompose nettement en oxyde de carbone, acide carbonique et méthylisopropylcétone, décomposition tout à fait conforme à la formule (III).

L'acide α-oxy-α-isopropylsuccinique est remarquablement stable; il est assez soluble dans l'eau d'où l'on ne peut l'extraire que par un grand nombre d'épuisements à l'éther; très soluble dans l'alcool et l'éther, il est insoluble

dans la benzine et l'éther de pétrole. Nous n'avons pas réussi à le déshydrater, même en traitant son éther par l'anhydride phosphorique.

Schleicher (¹) avait déjà pensé préparer un acide oxyisopropylsuccinique auquel il assigna un point de fusion de 154°; d'autre part Sséménow (²) indiqua pour le même acide, préparé par une autre méthode, le point de fusion de 165°-166°. D'après ce que nous venons d'exposer on peut affirmer que ces deux auteurs n'ont pas eu entre les mains le véritable acide α-oxyisopropylsuccinique, mais bien des isomères dont ils n'ont d'ailleurs pas établi la formule de constitution.

Nous ferons remarquer en terminant que la transposition moléculaire qu'on observe dans cette préparation trouve son explication naturelle dans l'isomérisation préalable de l'éther diméthylglycidique en éther diméthylpyruvique qui se condense ensuite normalement avec l'éther bromacétique. Il n'est pas sans intérêt d'opposer ce résultat à celui qui a été obtenu par MM. Haller (³) et Blanc en condensant l'éther diméthylglycidique avec l'éther malonique sodé. Dans ce cas il n'y a pas de transformation moléculaire et l'on parvient à l'acide térébique dérivant de l'éther de la formule (I).

Nous nous proposons de généraliser ce résultat en l'étendant à d'autres éthers α halogénés et surtout aux éthers halogénés des acides bibasiques.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Examen cristallographique de quelques siliciures, carbures et borures obtenus par M. Henri Moissan et ses élèves.* Note de M. **A. de Schulten**, présentée par M. A. Lacroix.

Siliciures. — Si Fe (M. P. Lebeau): tétraèdres réguliers [$\frac{1}{2}a^1a^1(111)(\bar{1}\bar{1}1)$ mes., 109°27′; calc., 109°28′]. Le même composé, préparé au moyen de l'aluminothermie par M. A. Colani, m'a donné : $\frac{1}{2}a^1a^1$, 109°26′. Les tétraèdres sont souvent allongés suivant un axe binaire. Il est très probable que dans le produit industriel *ferro-silicium* la partie cristallisée en tétraèdres est constituée par le siliciure Si Fe.

Si Co (M. P. Lebeau): cristaux souvent très ramifiés offrant des faces du dodécaèdre rhomboïdal. Les dodécaèdres sont souvent très allongés sui-

(¹) Schleicher, *Liebig's Annalen*, t. CCLXVII, p. 132. Cet auteur a bromé l'acide isopropylsuccinique et a ensuite traité l'acide bromé par KOH.

(²) Sséménow (*Journal de Chimie et Physique russe*, t. XXXI, p. 286, et *Central-Blatt*, t. I, 1899, p. 1205) traite l'acide diméthylcitraconique par HBr puis par CO^3Na^2.

(³) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1471.

vant un axe quaternaire. Les ramifications sont terminées par des faces du tétraèdre [$b^1 b^1$ (101)(011) mes., 60°0', 59°50', 60°4'; calc., 60°0'. $\frac{1}{2}a^1 a^1$ (111) ($\bar{1}\bar{1}1$) mes., 109°29', 109°27', 109°32', 109°25'; calc. 109°28'. $\frac{1}{2}a^1 b^1$ (111)(110) mes., 35°24'; calc., 35°16'].

Si Mn (M. P. Lebeau) : tétraèdres réguliers ($\frac{1}{2}a^1 a^1$ mes., 109°26', 109°29').

$SiCr^3$ (M. Zettel) : prismes hexagonaux gris d'acier, très brillants [mm ($10\bar{1}0$) ($01\bar{1}0$) mes., 59°59'; calc., 60°0']. Au microscope on observe que les prismes sont terminés par six faces de pyramide. Sur des cristaux reposant bien à plat sur une face m on a trouvé l'angle formé par les arêtes ($10\bar{1}1$) ($1\bar{1}01$) et ($10\bar{1}0$) ($1\bar{1}00$) égal à 146° environ. L'angle des normales ($10\bar{1}1$) (0001) est ainsi égal à 60° environ.

Si^2Fe (M. P. Lebeau) : lamelles brillantes, gris de fer, très minces, formées par un agrégat de cristaux à contours carrés.

$SiMn^2$ (M. P. Lebeau) : prismes très brillants à angles de 60° ou près de 60° et sans terminaison distincte.

Si^2Cr^3 (MM. Lebeau et Figueras) : longs prismes à angles de 90° (mes., 89°57', 90°1'). On n'observe pas de facettes distinctes aux extrémités des prismes.

Carbures. — C^3Al^4 (M. Moissan) : petites tables rhomboédriques très minces, de couleur jaune. Les cristaux mesurés n'ont que $0^{mm},02$ à $0^{mm},03$ d'épaisseur. On observe les faces p($10\bar{1}1$) et a^1(0001). On a trouvé : pa^1(1011)(0001) 76°46' à 76°57', moy. *76°53'; pp($10\bar{1}1$)($1\bar{1}0\bar{1}$), 64°16', calc. 65°0'. Clivages rhomboédriques (l'angle p : face de clivage 83° env.). Les cristaux sont uniaxes, positifs.

CGl^2 (M. P. Lebeau). — Le carbure de glucinium se présente en octaèdres réguliers isotropes. Les cristaux sont brillants, jaunes par transparence. On a mesuré $a^1 a^1$ 109°23', calc. 109°28'.

Borures (MM. Moissan et Williams). — $CaBo^6$: cristaux cubiques, brillants, gris de fer. Angles : (001)(100), 89°57'; (100)(010), 89°56'; (001)(010), 89°57'. On n'observe pas d'autres faces. Clivages nets suivant p(100).

$BaBo^6$: aspect, forme et clivages du borure de calcium (angles mesurés : 89°50', 90°8', 89°59').

$SrBo^6$: cristaux cubiques, peu réfléchissants, plus foncés que les borures précédents. Les angles mesurés au microscope sont de 90° environ. Clivages suivant p.

BOTANIQUE. — *Production par traumatisme d'une forme nouvelle de Maïs à feuilles crispées.* Note (¹) de M. L. BLARINGHEM, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans un lot de plantes cultivées à Bourg-la-Reine (S.-et-O.), à partir des graines d'une anomalie de panicule du type B, obtenue en 1903 après section (²), j'ai remarqué, le 25 septembre 1905, un pied à deux tiges dont l'une, terminée par une panicule d'épillets mâles, portait latéralement un épi femelle (qui a fourni le lot 113-07) entouré de bractées courtes, triangulaires, imbriquées et normales; l'autre tige, que je regarde comme un rejet développé de bonne heure, était terminée par une panicule anormale, offrant une vingtaine d'épillets femelles à la base des rameaux couverts ensuite d'épillets mâles (type A), et portait latéralement un épi femelle bien développé, mais à bractées singulièrement déformées; les graines de ce second épi, origine de la forme de *Maïs à feuilles crispées*, ont été cultivées en 1907 sous le numéro 114-07. L'épi femelle de la seconde tige était entouré de 12 bractées d'enveloppe, offrant une portion basilaire large, épaisse et appliquée sur l'épi, une partie rétrécie et une lame terminale assez large, chacune de ces parties correspondant respectivement à la gaine, à la ligule et au limbe des feuilles caulinaires du Maïs; cette croissance excessive des bractées est fréquente pour les épis femelles développés sur les rejets du Maïs.

Ce qui a retenu mon attention, dans le cas particulier qui nous occupe, c'est le mode spécial de croissance des limbes des bractées enveloppant l'épi du rejet; ces limbes n'étaient point aplatis, étalés en languettes minces comme je les ai toujours vus dans les autres lots en expérience; ils étaient plissés et gaufrés, comme le sont les feuilles des Choux frisés. Cette anomalie était due, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte plus tard par l'examen microscopique de coupes fines, au développement insolite, à la surface supérieure des limbes, d'un réseau irrégulier de crêtes ayant la même structure anatomique que la ligule des feuilles du Maïs.

La ligule normale forme une crête transversale, mince et transparente, haute de quelques millimètres, développée au niveau de la séparation de la gaine et du limbe, à la surface interne de la feuille; à ce point de rétrécissement correspond un épaississement des tissus foliaires, caractérisé au point de vue anatomique par la multiplication et les anastomoses complexes des faisceaux vasculaires parallèles qui sillonnent la gaine et le limbe des feuilles de Graminées. Chez le Maïs, les faisceaux vasculaires parallèles sont réunis par de grêles anastomoses transversales et l'on peut regarder,

(¹) Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

(²) BLARINGHEM, *Mutations et traumatismes*, Paris, 1907, p. 44, pied A_{12}.

comme le résultat du développement excessif de quelques-unes de ces anastomoses en de forts cordons vascularisés, les modifications de croissance qui ont donné aux limbes des bractées décrites plus haut leur aspect anormal; le réseau des faisceaux vasculaires étant formé de bonne heure et n'étant plus extensible alors que les portions non vascularisées du limbe continuent à croître, il se forme des alvéoles plus ou moins profondes sillonnant toute la surface du limbe des bractées; plus tard, et en certains points seulement, il s'y développe des crêtes membraneuses et transparentes ayant l'aspect et la structure anatomique des ligules.

Cette anomalie est héréditaire; elle s'est transmise aux plantes issues de l'épi qui l'a présentée en 1905 à un degré tel que, pour un bon nombre d'entre elles, toutes les feuilles caulinaires en ont présenté des traces plus ou moins développées. D'ailleurs, dans les cultures de plusieurs centaines de lignées de Maïs pendant dix années, je ne l'ai observée que dans des lots de plantes qui dérivent directement de l'épi anormal. Enfin tous les descendants de cet épi ne la présentent pas, sans doute parce que le pollen qui a fécondé les ovules provenait d'individus normaux à ce point de vue.

Je fus amené à cultiver au laboratoire, dans des tubes stériles, plusieurs lots de graines pris sur l'épi anormal après en avoir stérilisé la surface extérieure d'après le procédé indiqué par MM. P. Mazé et A. Perrier (1); deux essais ont donné :

Lot.	Graines ensemencées.	Plantules développées.	Plantules à feuilles crispées.
a...............	20	12	4
b...............	15	9	9
Total.......	35	21	9

Ces expériences me fournissent la certitude de la transmission partielle de l'anomalie et, en outre, de l'accentuation des caractères nouveaux visibles souvent sur la deuxième ou la troisième feuille; enfin, de la non-intervention de parasites externes dans la production du caractère anormal. D'autre part des coupes fines, colorées au bleu BBBB lactique, ne m'ont pas permis de trouver dans les tissus aucune trace, ni de filaments mycéliens de Champignons parasites, ni de Bactéries.

Les cultures de 1907 ont porté spécialement sur la comparaison des caractères des descendants de l'épi normal (113-04) et des descendants de l'épi anormal (114-04) de la même plante de 1905. Aucun individu issu du lot 113-04 ne présenta, ni cette année,

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XVIII, 1904.

ni les années suivantes, de traces de l'anomalie qui fut, au contraire, constamment observée sur une partie des descendants de la série 114-04.

Lots en culture.	Graines semées.	Plantes obtenues.	Plantes à feuilles crispées.
Deuxième génération (1907)......	30	23	11
Troisième génération (1908)......	367	273	116

L'anomalie fut très accusée en 1907, à la seconde génération ; le développement très précoce et exagéré des crêtes et des alvéoles ne permit pas aux feuilles de 3 des 11 plantes à feuilles crispées de s'étaler, ce qui empêcha le développement de leurs axes floraux mâles et femelles ; 8 plantes seulement donnèrent une descendance qui fournit les 9 lots de culture de troisième génération, car une plante porta, comme son ancêtre de 1905, un rejet du type A offrant 7 graines bien développées.

Pour la quatrième génération, je cultivai seulement, en 1909, les grains des plus beaux épis de plantes anormales des lots 502, 504 et 507, qui avaient donné en 1908 la plus forte hérédité ; la levée fut médiocre ; les plantes à feuilles crispées furent peu nombreuses et aucune d'elles ne réussit à mûrir ses graines, en raison de l'été très froid et humide de cette année ; les cultures de 1910 furent donc faites avec des graines des mêmes lots de la troisième génération (1908) et, sur 113 graines semées, 33 ont donné des plantes dont 8 seulement présentaient l'anomalie.

De ces épreuves, qui seront continuées, il résulte que la forme nouvelle de *Maïs à feuilles crispées* présente une forte tendance héréditaire ; mais il faut éviter de prendre comme porte-graines les plantes qui présentent l'anomalie au plus haut degré, si l'on veut éviter la mort précoce des descendants ou seulement leur stérilité ; c'est par les types intermédiaires, à anomalie peu développée, qu'on peut la propager.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un stéréoscope à coulisses.* Note de M. Léon Pigeon, présentée par M. P. Villard.

J'ai décrit antérieurement, dans ce recueil, un stéréoscope à miroir bissecteur. Le stéréoscope à coulisses est fondé sur le même principe, mais il est destiné surtout à l'étude physiologique de la vision, à l'étude et au traitement du strabisme, ainsi qu'à divers travaux de clinique ophtalmologique.

Le stéréoscope à coulisses est une boîte fermée, ayant quatre faces verticales ; mais sur la figure 1, qui est schématique, on a supposé enlevé le dessus de cette boîte, ainsi que deux de ses faces latérales, pour mieux montrer les parties intérieures.

Deux panneaux plans verticaux forment un angle dièdre d'environ 106°. Ils comprennent entre eux un panneau M bissecteur de ce dièdre. Les deux premiers panneaux portent deux mires, dont les centres sont figurés en A et B. Le bissecteur M porte un miroir plan.

La première mire A, grâce à une coulisse horizontale H, peut être déplacée latéralement vers la droite ou vers la gauche. La seconde mire B, grâce à une coulisse verticale V, peut être déplacée en hauteur. Les yeux du sujet en expérience sont placés, en G et D (*fig.* 1), sur une même ligne horizontale, parallèle au plan de la mire A. L'œil droit D voit directement la mire A. L'œil gauche G, visant dans le miroir bissecteur, croit voir une mire B′, image virtuelle de B, et cette image est située dans le même plan que la mire A.

Ainsi chacun des yeux possède un champ de vision indépendant, qui lui est propre. Les deux mires peuvent être semblables ou dissemblables; elles peuvent subir, ensemble ou séparément, toutes variations convenables de lumière ou d'ombre, d'éclat, de couleur, de forme ou de situation. Les mires sont éclairées : si elles sont opaques, par des lampes électriques placées à l'intérieur du stéréoscope; si elles sont transparentes, par des lampes placées extérieurement.

De ces principes résultent les conséquences suivantes :

1° Pour une certaine position des deux coulisses (*fig.* 2) les mires A et B′ paraissent coïncider.

2° Si, à partir de cette position de coïncidence, on déplace la coulisse horizontale vers la droite, les axes de visée DA, GB′, d'abord concourants en A, B′, se décroisent. L'axe de visée de l'œil gauche, GB′, reste fixe; mais l'axe de visée de l'œil droit, DA, se déplace. Les deux axes peuvent ainsi devenir parallèles (*fig.* 3), puis se placer en divergence (*fig.* 4).

3° Si, à partir de la position de coïncidence, on déplace la coulisse horizontale vers la gauche, les axes de visée, GB′ et DA, sont amenés à converger de plus en plus (*fig.* 5).

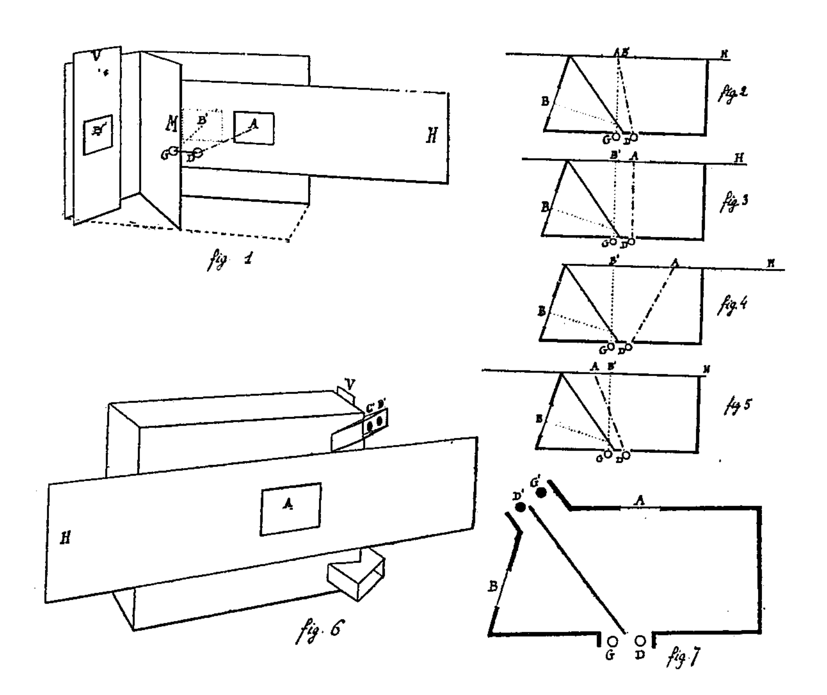
4° Lorsque l'on connaît la distance GB′, et aussi la longueur GD de la base interoculaire, il suffit qu'on mesure la longueur B′A pour qu'on puisse définir le trapèze DG B′A, rectangle en G et en B′. La longueur B′A est mesurée par une règle graduée portée par la coulisse H.

5° Les deux mires A et B′ étant amenées d'abord à la position de coïncidence, un observateur normal arrive facilement, par des déplacements lents et continus, à croiser ou à décroiser ses axes de visée, même de quantités importantes. Pendant ces déplacements, les mires A et B′ ne cessent pas d'être dans le même plan, et les yeux ne cessent pas de fusionner, ni d'accommoder sur elles. On parvient ainsi à rendre indépendantes

l'une de l'autre l'accommodation et la convergence, fonctions qui, dans la vision naturelle, sont constamment associées.

L'indépendance relative de ces deux fonctions s'acquiert et s'étend par l'exercice.

6° Pour mesurer et pour traiter le strabisme, il convient de chercher d'abord une position amenant la fusion optique des deux mires. Cette position, particulière au sujet, une fois trouvée et repérée numériquement, on agit sur la coulisse horizontale pour entraîner les axes de visée, lentement et progressivement, dans la direction convenable. Si le strabisme est seulement latéral, la coulisse horizontale H est seule employée; on utilise la coulisse verticale V lorsque la déviation latérale est accompagnée de déviation vers le haut ou vers le bas.



7° On peut, lorsqu'il est nécessaire, interposer des verres correcteurs devant les yeux du sujet. De cette manière, on assigne telle valeur que l'on veut à l'accommodation, comme à la convergence.

8° Outre son usage pour le strabisme, le stéréoscope à coulisses est utilisable pour diverses applications, dont voici les principales : étude physiologique de la vision binoculaire; étude du fonctionnement des muscles moteurs des yeux, et des paralysies de ces muscles; fusion physiologique

des couleurs ; examen médico-légal des altérations de la vue, réelles ou simulées.

Pour ce dernier usage, il est utile que les deux yeux du sujet en expérience demeurent, à tout instant, sous la surveillance de l'oculiste. A cet effet, une ouverture est pratiquée, en G'D', au voisinage de l'arête du dièdre (*fig.* 6 et 7). Par cette ouverture, l'œil droit de l'oculiste, D', vise l'œil gauche du sujet, G; et l'œil gauche de l'oculiste, G', vise l'œil droit du sujet, D. Ces deux lignes de visée sont situées de part et d'autre de la cloison bissectrice M. Depuis les yeux de l'oculiste jusqu'à ceux du sujet, ces lignes de visée ont des directions sensiblement parallèles, et descendantes. Pendant l'examen du sujet, les mires sont éclairées, isolément ou simultanément, soit d'une manière continue, soit par intermittences; mais, à tout instant où les mires sont visibles pour le sujet, les yeux du sujet sont visibles par l'oculiste, dont le contrôle peut ainsi s'exercer régulièrement.

9° Le stéréoscope est disposé de manière qu'on puisse le retourner de haut en bas. On peut ainsi, à volonté, laisser fixe dans l'espace l'axe de visée de l'œil droit, en faisant mouvoir l'œil gauche, ou bien, inversement, laisser fixe l'œil gauche, en faisant mouvoir l'œil droit, comme il est indiqué ci-dessus.

PHYSIOLOGIE. — *Le mal des aviateurs.* Note de MM. **René Cruchet** et **Moulinier**, présentée par M. A. Dastre.

Au cours de la grande semaine d'aviation de Bordeaux qui a eu lieu du 11 au 18 septembre 1910, nous avons eu l'occasion d'interroger les principaux aviateurs venus à cette réunion et de prendre leur pression sanguine avant et après plusieurs de leurs vols.

Dans la *montée*, on note de la dyspnée, de la tachycardie, un léger malaise, de l'hypoacousie, des bourdonnements d'oreilles, de la céphalée, un besoin impérieux d'uriner; de plus, le froid devient bien vite intolérable. Ces divers phénomènes rappellent assez exactement ceux du *mal des montagnes* avec cette différence qu'ils apparaissent à une hauteur beaucoup moindre : à partir de 700^m à 800^m, même vers 400^m à 500^m chez les novices.

Dans la *descente*, tachycardie, palpitations, gêne respiratoire, bourdonnements et sifflements d'oreilles, envie d'uriner s'accroissent encore et d'autant plus que l'aviateur se rapproche du sol; mais les troubles dominants sont : 1° la céphalée; 2° une sensation de brûlure, de cuisson étendue à toute la face congestionnée; 3° une inva-

riable tendance au sommeil qui oblige par instants le sujet à fermer les yeux, malgré toute sa volonté de se tenir éveillé.

A *l'atterrissage*, bourdonnements et sifflements auditifs, céphalée, tendance au sommeil s'exagèrent encore; il s'y joint des vertiges, une sorte d'engourdissement et de paresse musculaires, de la cyanose des extrémités. Enfin le pouls est plus rapide qu'au départ et surtout la tension sanguine mesurée à l'artère radiale avec l'oscillomètre de Pachon est nettement supérieure à celle qui existait avant le vol.

Ces variations dans la pression sanguine nous paraissent explicables par ce fait que l'organisme qui descend au sol en 4, 5 ou 7 minutes, après avoir atteint 1000^m, 2000^m ou 3000^m en 20, 30 ou 40 minutes, n'a pas le temps d'adapter son système circulatoire aux pressions variables (520^{mm} Hg à 3000^m, 591^{mm} à 2000^m, 760^{mm} à 0^m) que franchit l'aéroplane en un temps trop rapide.

Nous avons été frappés par la constance et l'importance de ces variations de la pression artérielle, particulièrement accusées après des ascensions et des descentes rapides des hautes altitudes, alors que les vols à des altitudes moyennes, chez des sujets entraînés, ne s'accompagnent pas de ce genre de réactions.

En résumé, réactions vasomotrices avec hypertension, vertiges, céphalée, somnolence consécutive aux ascensions et s'accusant surtout sur le sol et quelque temps après l'atterrissage : tels sont les phénomènes qui distinguent le mal des aviateurs du mal des montagnes et donnent un aspect particulier à ces troubles dont la cause essentielle est très vraisemblablement *la rapidité avec laquelle l'aviateur se transporte dans l'espace.*

PHYSIOLOGIE. — *Les courbes d'évanouissement des traces mnémoniques.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. A. Dastre.

Au cours de recherches [1] sur l'évolution régressive des traces mnémoniques en fonction du temps chez la Limnée, j'ai pu déterminer une courbe d'évanouissement, interpolable par la formule

$$m = \frac{k(\log t)^\alpha}{t^\beta}, \tag{1}$$

où t exprime le temps, k, α et β, des constantes, et m la trace mnémonique. Celle-ci est définie de la manière suivante : on a recherché combien

[1] *Comptes rendus*, t. 149, 13 septembre 1909, p. 513.

il fallait provoquer d'obscurations d'une durée définie, à intervalles réguliers, chez une Limnée éclairée avec une source lumineuse d'intensité sensiblement constante, pour que l'animal cesse de réagir à ces obscurations : on recommence, au bout d'un intervalle de temps donné, cette recherche; on trouve alors que le même résultat peut être obtenu au bout d'un nombre moindre d'obscurations; on a ainsi réalisé une économie d'excitations, grâce à la persistance de l'influence exercée par les excitations antérieures, économie dont le taux, exprimé en pourcentage, permet de mesurer l'intensité de cette persistance, la valeur de la trace mnémonique.

J'ai refait depuis lors des expériences sur un certain nombre de Limnées de même espèce (*Limnæa stagnalis*), qui m'ont donné des résultats interpolables au moyen de la même formule, sans changement de la valeur des constantes qui paraissent être spécifiques dans des conditions données d'expérimentation.

Pour un intervalle type d'une minute, les valeurs de l'économie pour 6 individus ont été de 71,3; 83,3; 71,4; 66,6; 70; 71,4 : soit une moyenne de 72 pour 100, le nombre calculé étant de 70,2.

La même formule, mais avec des constantes différentes (car l'oubli paraît beaucoup moins rapide), s'applique aussi à la courbe d'évanouissement chez *Littorina obtusata ;* mais, sur les Gastéropodes marins, comme la Littorine, la recherche est plus délicate, à cause de la difficulté qu'il y a à les faire vivre en aquarium dans des conditions satisfaisantes; on voit l'excitabilité décroître très rapidement, et subir ensuite des variations irrégulières.

Chez l'homme, la formule d'interpolation de la courbe d'évanouissement, établie par Ebbinghaus après un très grand nombre d'expériences sur lui-même, était un peu différente, et de forme $m = \frac{K}{(\log t)^c}$. La courbe correspondante montre une chute très rapide d'abord, puis se ralentissant brusquement pour devenir à peu près insensible. Mais la rapidité de chute initiale fut contestée par divers auteurs et, de fait, elle était due aux conditions d'expérimentation.

Ebbinghaus apprenait 104 syllabes dépourvues de sens, mesurait le temps nécessaire à cette acquisition, puis recommençait à les apprendre au bout d'un intervalle donné, mesurant le nouveau temps nécessaire et calculant l'économie assurée à la nouvelle acquisition par l'acquisition antérieure. Seulement, ses 104 syllabes étaient divisées en 8 séries de 13, qu'il apprenait successivement, en sorte que, par suite de l'influence effaçante exercée par chaque série nouvellement apprise sur les séries antérieures, il avait

oublié les premières lorsqu'il apprenait les dernières et devait aussitôt recommencer.

Chez la Limnée, j'ai pu constater que, pendant un temps donné après la dernière obscuration, non suivie de réaction, il n'y avait aucune décroissance appréciable de l'effet de cette dernière. De nombreuses observations permettent d'affirmer l'existence d'une « période d'état » précédant l'évanouissement de la trace mnémonique chez l'homme.

Dans ces conditions j'ai refait une série d'expériences chez l'homme, en évitant la cause d'erreur d'Ebbinghaus, c'est-à-dire l'influence effaçante des nouvelles séries apprises dans une acquisition successive; pour cela j'ai fait apprendre 50 chiffres en une série unique, chez un sujet ne faisant pas, en temps ordinaire, d'effort d'acquisition mnémonique, pour éviter toute perturbation de ce chef. La mesure du temps d'acquisition est fournie par le nombre de lectures nécessaires pour assurer une répétition correcte, ces lectures (toutes suivies de récitations) étant faites en 25 secondes et séparées par un intervalle constant de 2 minutes.

On trouve des différences dans les nombres de lectures initiaux, parce que tous les tests n'étaient point d'égale difficulté. Les expériences d'acquisition et de réacquisition furent faites toujours aux mêmes heures (10^h du soir) dans des conditions identiques. Voici les résultats obtenus :

Intervalle (en jours).	Nombre de lectures initial.	terminal.	Économie pour 100.
7	10	0 [1]	100
14	11	2	81,8 [2]
28	12	4	66,6
60	10	6	40
120	8	6	25

Si l'on veut interpoler ces résultats par la formule d'Ebbinghaus, on constate des écarts assez considérables des chiffres calculés avec les chiffres observés; ces écarts sont au contraire très faibles si l'on emploie la formule que nous avons établie pour la Limnée.

Voici ces écarts, après établissement des constantes pour les deux formules

(1) La récitation spontanée, correcte, fut possible sans nouvelle lecture; la période d'état a donc duré une semaine.

(2) Ce chiffre est un peu trop faible, car les résultats étaient presque entièrement corrects dès la première lecture.

au moyen de la méthode des moindres carrés, opération longue et fastidieuse dont mon ami E. Maigre a bien voulu se charger (¹):

Intervalle (en jours).	Économie observée (en pourcentage).	Économie calculée.	
		Formule d'Ebbinghaus.	Formule de la Limnée.
7............	100	116,7	97,7
14............	81,8	74,8	86,1
28............	66,6	53,2	64,2
60............	40	39,4	41,3
120............	25	31,3	25,7

Avec la formule d'Ebbinghaus, l'écart moyen relatif est de 13,5 pour 100 au lieu de 3,6 pour 100 avec l'autre, et la forme de la courbe calculée, à concavité beaucoup plus accentuée, est nettement différente de celle de la courbe observée.

Ces premiers résultats, qui devront être repris et complétés, paraissent en accord avec l'hypothèse de l'unité générale dans la forme des courbes d'évanouissement mnémonique.

MÉDECINE. — *Sur les rapports des glandes surrénales avec l'état de gravidité et sur l'efficacité de l'emploi de l'adrénaline dans les vomissements incoercibles de la grossesse.* Note de **M. R. Robinson**, présentée par M. Léon Labbé.

Les anatomistes du siècle dernier Meckel, Vauquelin, Lobstein, Otto, Casson ont publié des observations montrant que le développement des organes génitaux est en rapport direct avec celui des glandes surrénales, aussi bien chez l'homme blanc que chez le nègre et chez d'autres mammifères, en particulier chez les rongeurs.

Des recherches plus récentes ont précisé les altérations pathologiques variées de ces glandes pendant la gestation et Freund a attribué avec raison certains phénomènes observés dans cet état de la femme à une insuffisance de la sécrétion interne des surrénales. Deux médecins de Modène ont

(¹) Les formules sont les suivantes : $m = \frac{91}{(\log t)^{1,46}}$ et $m = \frac{1540(\log t)^{2,35}}{t^{1,214}}$. Par suite d'une erreur de transcription, c'est la valeur 43, au lieu de 40, qui servit au calcul des constantes, pour l'intervalle de 60 jours.

tenté de tirer partie de cette théorie : ils ont traité les vomissements incoercibles de la gravidité par un extrait des capsules surrénales. Malgré leur succès, ils n'ont pas été suivis dans cette voie et le fait est tombé en désuétude.

Ayant eu l'occasion de reprendre cette expérience dans deux cas extrêmement graves, nous prenons la liberté de les présenter devant l'Académie, pour attirer l'attention des savants sur un problème d'une très grande importance biologique.

1. Primigeste, 25 ans, conception probable depuis 38 jours. Antécédents : dysménorrhée, hyperchlorhydrie avec crises de vomissements qui revenaient tous les 2 ou 3 mois et duraient 7 ou 8 jours. État actuel (12 octobre 1909) : vomissements tenaces, incessants, impossibilité de garder la moindre quantité d'un aliment quelconque. Echec complet des traitements classiques. Maigreur extrême, pouls imperceptible. Prescription de 10 gouttes d'adrénaline au millième. Dès le premier jour, arrêt des vomissements; la patiente peut s'alimenter. Au bout de 3 semaines, elle cesse cette opothérapie, les vomissements reviennent. Aussitôt qu'elle reprend l'adrénaline, ils disparaissent. Elle a dû prendre pendant plusieurs mois cet extrait surrénal, son poids a augmenté de 15^{kg} et le 28 mai 1910 elle a donné naissance à une *fille* de 2500^{g}, bien portante et à terme.

Le cas suivant est encore plus intéressant parce qu'il présente en particulier une modalité rare de la gestation :

II. Une Syrienne de 21 ans présente, *sans jamais avoir eu ses menstrues*, pour la quatrième fois les signes de gravidité dont l'un des principaux est un vomissement incessant aussi tenace que dans ses conceptions antérieures. Cette révolte de l'estomac a toujours été tellement rebelle qu'on a pensé à chaque reprise à provoquer l'expulsion de l'œuf. Le 27 juin 1910, deux praticiens en présence des signes alarmants étaient convoqués pour délivrer artificiellement la patiente. Celle-ci avait un aspect pseudo-cadavérique, le pouls était difficile à percevoir et à compter, enfin un délire donnait la note de l'extrême gravité de la situation. Nous avons immédiatement introduit sous la peau 10 gouttes d'adrénaline au millième et nous avons répété la même pratique dans la même journée. Dès la première piqûre le vomissement s'arrêtait, on a pu alimenter graduellement la patiente et la situation se transformait rapidement. On a continué les injections hypodermiques pendant une semaine, puis il devenait facile d'administrer l'adrénaline à la même dose par voie gastrique. Contrairement à ce qui se passait dans les gestations précédentes, les vomissements ne reparurent plus, et une *fille* saine de 3^{kg} environ vint au monde à peu près à terme (mars 1911).

Ces deux faits montrent, à notre avis, les liaisons intimes des capsules surrénales avec les glandes génitales. La pigmentation de la peau, les vomissements rebelles, la lassitude qu'on observe dans la maladie d'Addison se

rencontrent également dans certains cas de la gravidité auxquels nous faisons allusion. On peut interpréter ces manifestations par la théorie suivante : les produits des surrénales et des glandes génitales se neutralisent à l'état normal, mais lorsque l'un des deux producteurs est en suractivité, l'autre succombera fatalement, à moins d'une suppléance de la part d'un organe vicariant.

On sait aujourd'hui que l'ostéomalacie, affection terriblement dégradante, cède à l'opothérapie surrénale, comme elle cédait naguère à l'ablation des ovaires. La synergie des deux fonctions devient ainsi incontestable.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La parthénogenèse expérimentale chez* Bufo vulgaris. Note (1) de M. E. **Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

Les œufs de *Bufo*, protégés par une épaisse couche muqueuse, sont plus difficilement accessibles à des éléments étrangers que ceux de *Rana fusca*, et, avec l'extraction rapide d'un long cordon, les chances de souillure par le fluide sanguin ou le liquide cavitaire sont beaucoup moindres. Les résultats négatifs enregistrés dans la dernière saison, au moins en ce qui touche l'embryogenèse vraie, se comprennent donc sans difficulté. Mais il était à prévoir qu'avec les indications contenues dans ma Note du 20 mars (2), on pourrait provoquer sur ces œufs la parthénogenèse effective.

Les cordons sont fixés à sec sur le fond d'un récipient plat, et étirés de façon que les œufs soient sur une seule série avec une couche muqueuse aussi réduite que possible. On badigeonne avec un peu de sang de *Bufo*, avant de procéder aux piqûres. Au bout de 3 heures et demie ou 4 heures, on observe de magnifiques segmentations et, en moins de 48 heures, on compte un bon nombre de bouchons d'Ecker. L'évolution se poursuivra sur quelques ébauches *à condition qu'on les isole :* car, avec un développement plus lent, l'infection de la gangue compromet sérieusement les cultures. Ce qui importe, c'est le résultat nettement positif, lequel met en relief, d'une façon indiscutable, la nécessité d'un élément étranger.

Mais ce matériel nous fournit de *nouveaux arguments contre la spécificité du deuxième facteur et contre l'addition pure et simple d'un substratum figuré.*

---

(1) Présentée dans la séance du 18 avril 1911.

(2) E. Bataillon, *Les deux facteurs de la parthénogenèse traumatique chez les Amphibiens* (*Comptes rendus*, 27 mars 1911).

L'œuf de *Bufo* est fécondable par le sperme de *Rana fusca*. Au cours de mes études sur les croisements (études interrompues par le développement expérimental des idées directrices qui en sortaient), je me suis assuré qu'*il y a amphimixie, union des pronuclei. Mais l'évolution est abortive, puisqu'on n'obtient pas la gastrulation. Or, les œufs de Bufo, actionnés par le sang de Grenouille dans une expérience de piqûre, fournissent des développements réguliers et complets*. On trouvera bizarre au premier abord qu'un élément sanguin donne des résultats meilleurs que l'élément spermatique de la même espèce. Au fond, *c'est l'amphimixie qui se trouve nocive;* et voilà une nouvelle preuve que le substratum inoculé expérimentalement n'ajoute rien à la structure.

L'élément introduit échappe aux phénomènes cinétiques : il ne fait qu'activer et régulariser un processus de parthénogenèse. Avec l'élément spermatique dans la fécondation croisée, c'est l'amphimixie, mais avec une combinaison chromatique impropre à la morphogenèse vraie.

Le paradoxe s'évanouit devant une analyse qui fait ressortir, une fois de plus, l'importance de l'équilibre nucléaire.

L'étude cytologique dont je dégagerai prochainement les traits essentiels est d'une difficulté extrême, et je suis personnellement très heureux qu'un technicien qualifié comme M. Henneguy se décide à l'aborder. La Communication récente [1] par laquelle le savant biologiste confirme mes résultats appelle une remarque. Je ne suis pas surpris que, sur un lot taché de sang, M. Henneguy n'ait pas eu plus de développements que sur un autre non souillé *en apparence*. Pour apercevoir le deuxième facteur, dans le cas de la Grenouille, il faut éviter d'ajouter quelque chose à une souillure par la lymphe, laquelle existe plus ou moins marquée indépendamment du mode d'extraction. J'ai indiqué deux procédés : ouverture au galvanocautère, ou ponte par l'orifice naturel. Dans ces conditions, les témoins piqués de trois opérations pourront ne pas donner un seul développement, alors que ceux d'une quatrième fourniront plusieurs larves. Mais, même dans ce dernier cas, la supériorité du lot imprégné de sang sera frappante. Ma conviction (et je devais être difficile, puisqu'il s'agissait de compliquer beaucoup mon idée première) s'est étayée sur l'étude d'une soixantaine de stocks représentant, pour cette seule saison, plus de 100000 œufs piqués. J'ajoute que la plus grande partie de ce matériel était sacrifiée à la seule démonstration. Il convient, en effet, de répéter que la méthode au sang est *peu recommandable;* qu'avec un pourcentage merveilleux de segmentations précoces et même de bouchons d'Ecker, le milieu très putrescible réduit beaucoup le rendement final. Mais si la démonstration du deuxième facteur

---

[1] F. Henneguy, *Sur la parthénogenèse expérimentale chez les Amphibiens* (*Comptes rendus*, 3 avril 1911).

exige un sérieux effort dans le cas de la Grenouille, elle devait sortir nettement des expériences sur le genre *Bufo*, puisque les milliers d'œufs opérés par moi l'an dernier n'ont pas donné une seule gastrulation, pas plus que mes témoins piqués de cette année.

Mais, à l'examen cytologique, M. Henneguy verra nettement la différence entre parthénogenèse effective et parthénogenèse abortive, même chez la Grenouille. Trois heures après la piqûre, 90 pour 100 au moins des œufs ont leur pronucleus au stade monaster; alors que les autres (les exceptions), dont les phénomènes cinétiques sont engagés depuis plus d'une heure, achèvent leur division. Cette uniformité d'allure du pronucleus à un certain moment, dégagée des irrégularités de l'évolution abortive, détruit l'illusion. Dans cette proportion énorme (90 pour 100) les œufs sans exception périclíteront : ils sont à éliminer d'une étude de la parthénogenèse effective. Ce n'est plus une question de plus et de moins. Ceux-là seuls *peuvent* évoluer normalement qui sont activés par un certain apport substantiel [1].

Des faits nouveaux développés ci-dessus, je dégage deux conclusions essentielles :

1° *En assurant l'intervention du principe accélérateur nécessaire, on applique avec succès la méthode traumatique de parthénogenèse aux œufs d'Amphibiens qui, comme ceux de Bufo, ne me donnaient l'an dernier qu'une évolution abortive;*

2° *Ce deuxième facteur, ici encore, n'est pas spécifique et n'ajoute rien au matériel figuré des cinèses. De là ce résultat, en apparence paradoxal, qu'un élément sanguin de Grenouille inoculé à un œuf de Bufo provoque son développement complet, alors que le spermatozoïde de Grenouille ne permet pas la gastrulation dans la fécondation croisée. Le premier cas répond à une parthénogenèse qui respecte la combinaison nucléaire spécifique (selon la conception de Boveri); le second à une amphimixie inadéquate.*

---

(1) Je dois remarquer d'ailleurs que rien, dans la Communication de M. Henneguy, ne heurte mes propres observations. Moi aussi, j'ai relevé un retard et des troubles fréquents dans l'*embryogenèse*. Enfin, si j'en réservais l'étude détaillée, je ne les excluais pas, comme il le croit quand, à propos *des larves proches de la métamorphose*, j'écrivais : « Jusque-là, ces larves se montrent vigoureuses et se sont très bien alimentées; rien ne permet de les distinguer des formes normales issues d'une fécondation. » Ma Note de l'an dernier signalait l'arrêt à tous les stades. Sur le retard dans l'embryogenèse, il y aura une réserve à faire. Sur la question de l'hydropisie des jeunes larves et des conditions de température, j'apporterai des expériences.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur le nombre des chromosomes dans les larves parthénogénétiques de Grenouille*. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

M. le professeur Henneguy ayant annoncé, dans sa Communication du 3 avril dernier, son intention de déterminer, après M. Bataillon et après moi, le nombre des chromosomes chez les larves parthénogénétiques de Grenouille, il est nécessaire que je présente mes résultats d'une façon plus détaillée que l'année dernière.

Les mitoses étudiées proviennent cette fois d'une larve de 8 jours, tuée en pleine vitalité. Au stade monaster qui caractérise la fin de la prophase, alors que, dans les larves issues d'une fécondation, le nombre des anses est 24, il est ici de 12. Ces anses sont longues et encore contournées et elles sont groupées selon 6 paires. Cette répartition est relativement facile à reconnaître et il est très important d'en tenir compte. Un autre caractère des 12 anses du stade monaster, c'est qu'elles montrent l'indice d'un clivage longitudinal.

Au début de la métaphase, elles se raccourcissent et gagnent en largeur; puis, elles se disposent progressivement selon deux couronnes-sœurs, de telle façon que l'une des anses clivées de chaque paire est contenue dans une couronne, et l'autre dans l'autre couronne. Chaque couronne renferme 6 anses clivées; la plaque équatoriale est bâtie sur le type 6 et non sur le type 12, comme dans les mitoses des têtards obtenus par fécondation. L'accomplissement de la mitose va consister en l'éloignement de ces deux couronnes superposées.

Or, pendant le raccourcissement considérable qui caractérise la métaphase, le clivage des anses s'accuse de plus en plus. Chaque anse est bientôt complètement dédoublée; en sorte que, dès la fin de la métaphase, les deux couronnes superposées renferment chacune 6 paires d'anses, alors que dans les individus ordinaires elles en comptent 12.

A la fin de l'anaphase, on trouve toujours 12 anses réparties selon 6 couples, et il en est de même à la télophase. Alors, après le stade du tassement polaire, apparaît dans les anses une mince fente qui marque leur entrée dans le rétiforme nucléaire, et qui est le prélude de leur division. Comme chaque anse représente en réalité une moitié primaire, la fente qui

apparaît en ce moment correspond à une *subdivision* ([1]). Le noyau-fille se reconstitue rapidement et chaque anse se transforme en une paire de minces filaments spirals qui demeurent plus ou moins étroitement réunis. C'est sous cette forme de moitiés secondaires filamenteuses, caractéristique de l'état dit *quiescent*, que les chromosomes persistent à travers leur période d'accroissement. Au sein du noyau reformé, les anses gardent l'orientation et la disposition générales qu'elles avaient dans les figures de l'anaphase et de la télophase.

Au début de la prophase suivante, les deux filaments spirals de chaque moitié primaire subdivisée reconcentrent leur substance et se rapprochent l'un de l'autre, en régularisant leurs contours. L'espace qui les sépare et qui représente la fente de subdivision devient très réduit. Bientôt, la cavité nucléaire renferme 6 couples de longues anses spirémateuses, contournées sur elles-mêmes et pourvues d'une très mince fente longitudinale, voilée en beaucoup d'endroits. Elles se raccourcissent peu à peu et finalement se présentent telles que nous les voyons au stade monaster, c'est-à-dire trapues et clivées sur toute leur longueur; puis, elles se disposent en une double couronne équatoriale, de la façon qui a été décrite plus haut. Alors, grâce à l'éloignement des couronnes-sœurs, s'achève la division dont le premier indice remonte à la mitose $n-2$; tandis que la fente apparue à la mitose $n-1$ traverse cette métaphase sans être efficace.

En ce qui concerne plus spécialement l'étude des chromosomes, il faut remarquer que la mitose se déroule ici conformément à ce que j'ai déjà décrit dans d'autres matériels. L'anticipation de la division longitudinale se montre ici également comme une règle générale liée au fait du *duplicisme constant* des chromosomes. Pour une mitose n, le début apparent de la division du chromosome se fait à l'anaphase $n-2$.

Pour ce qui regarde le phénomène de la parthénogenèse expérimentale, il résulte de cette étude que le nombre somatique des chromosomes de la larve de Grenouille, obtenue par le procédé de M. Bataillon, est 6 et représente $\frac{n}{2}$. Au bout de 8 jours, je ne constate pas de régulation du nombre diploïdique. La larve obtenue demeure haploïdique, et, au moins à ce point de vue numérique, elle est comparable à un végétal dans sa phase prothallienne.

([1]) Armand Dehorne, *Sur la coexistence de la division et de la subdivision des chromosomes à l'état quiescent* (*Comptes rendus*, 28 novembre 1910).

PARASITOLOGIE. — *Recherches sur le traitement de la distomatose du mouton.* Note (¹) de MM. **A. Railliet**, **G. Moussu** et **A. Henry**, présentée par M. Laveran.

En raison des ravages occasionnés depuis quelques mois par la distomatose sur le bétail français, nous avons entrepris, à l'instigation du Ministère de l'Agriculture, un ensemble d'essais expérimentaux ayant pour but la recherche d'un agent propre à détruire les Douves dans les canaux biliaires.

Nous avons signalé déjà (²) plusieurs de ces essais. Les uns avaient porté sur des médicaments connus pour s'éliminer par le foie, comme l'aloès, le calomel, le salicylate de soude et le boldo ; les autres sur divers produits phosphorés, arsénicaux, mercuriaux, etc. Tous nous avaient donné, d'ailleurs, des résultats négatifs.

Nous avons été plus heureux dans une nouvelle série, qui a comporté notamment l'emploi de l'émétique, de l'urotropine, de l'atoxyl et de l'extrait éthéré de fougère mâle.

Les moutons traités étaient pour la plupart atteints d'une forme très grave de la maladie : infestation massive, déjà ancienne, avec une cirrose intense et souvent des Douves répandues dans le péritoine après perforation de la capsule de Glisson.

Beaucoup étaient porteurs à la fois de Grandes Douves (*Fasciola hepatica* L.) et de Petites Douves [*Dicrocœlium lanceatum* Stiles et Hassall seu *dendriticum* (Rud.)], ce qui nous a permis de constater la résistance très différente des deux parasites aux agents médicamenteux. Le diagnostic était vérifié du vivant de l'animal par l'examen microscopique des fèces.

Avec l'émétique et l'urotropine, les résultats ont encore été négatifs; avec l'atoxyl, nous avons obtenu, chez une génisse seulement, l'évacuation de quelques Grandes Douves altérées.

Mais les essais avec l'extrait éthéré de fougère mâle ont été bien autrement concluants. A notre connaissance, Alessandrini (³) est le seul qui

---

(¹) Présentée dans la séance du 18 avril 1911.

(²) A. Railliet, G. Moussu et A. Henry, *Essais de traitement de la distomatose* (*Comptes rendus Soc. de Biol.*, séance du 18 mars 1911, p. 427).

(³) G. Alessandrini, *Contributo allo studio delle malattie parassitarie delle Pecore* (*Bollett. Soc. Zool. ital.*, 2ª ser., vol. IX, 1908, p. 397).

ait noté un résultat positif par l'emploi de cet agent. Chez deux moutons très gravement atteints, qui moururent 2 jours après l'administration du médicament, il constata que « les très nombreuses Douves recueillies dans l'intestin, dans la vésicule et dans les canaux biliaires, étaient mortes et déjà altérées ». Comme on le voit, ces indications des plus sommaires ne mentionnent ni la dose d'extrait, ni la durée du traitement, ni la détermination des Douves, ni les conditions de l'autopsie.

Nos essais ont porté sur cinq moutons d'un poids moyen de 25^{kg} à 30^{kg}, tous hautement infestés et à une période très avancée de la maladie. Chaque dose, administrée *per os*, comportait 5^{g} d'extrait éthéré mélangé à 25^{cm^3} d'huile. Trois moutons provenant des mêmes lots ont été conservés comme témoins. L'autopsie de tous les sujets a été pratiquée immédiatement après la mort, ce qui est une condition essentielle pour la saine appréciation des résultats.

Le premier reçoit une seule dose et meurt 12 heures après. Sa vésicule et ses canaux biliaires renferment 390 Grandes Douves et de nombreuses Petites Douves, toutes très vivantes.

Le deuxième reçoit deux doses à 16 heures d'intervalle ; il est sacrifié *in extremis* 24 heures après la seconde. Les canaux biliaires contiennent de nombreuses Petites Douves très vivantes, et 55 Grandes Douves. De celles-ci, 4 seulement, trouvées dans les plus fins canaux, sont encore vivantes ; les autres sont déjà altérées, étirées, colorées en vert jaunâtre. Dans la vésicule, 142 Grandes Douves mortes, dont 3 seulement offrant cette altération caractéristique ; 16 altérées dans l'intestin grêle ; 10 mortes, mais non altérées, dans le gros intestin.

Un troisième reçoit trois doses à 16 et 24 heures d'intervalle ; il est sacrifié trois jours après la dernière. Les canaux biliaires contiennent quelques Petites Douves bien vivantes, mais on ne rencontre de Grandes Douves ni dans ces conduits, ni dans l'intestin ; seule, la vésicule biliaire en contient 9, tout à fait altérées.

Le quatrième reçoit quatre doses à 24, 24 et 48 heures d'intervalle ; il meurt 7 heures après la dernière. Canaux biliaires avec de nombreuses Petites Douves bien vivantes. Grandes Douves : aucune dans les canaux ; 5 altérées dans la vésicule ; 1 altérée dans le gros intestin ; environ 50 bien vivantes dans le péritoine (lésions de péritonite).

Le cinquième reçoit quatre doses à 48, 24 et 24 heures d'intervalle ; il est sacrifié trois jours après la quatrième. Canaux biliaires avec quelques Petites Douves bien vivantes ; aucune Grande Douve ni dans ces canaux, ni dans la vésicule, ni dans l'intestin.

Les trois moutons témoins, morts ou sacrifiés au cours des expériences, offraient dans la vésicule et les canaux biliaires 178, 85 et 497 Grandes Douves et de nombreuses Petites Douves, toutes parfaitement vivantes.

L'altération que subissent les Grandes Douves sous l'influence de l'extrait éthéré de fougère mâle (et un peu aussi de l'atoxyl) est assez curieuse : elle débute par l'extrémité postérieure du corps et gagne peu à peu les régions antérieures ; on trouve parfois des individus dont une grande partie du corps est déjà verdâtre, étirée, flétrie, alors que la zone située en avant de la ventouse ventrale a conservé son aspect normal et que le prolongement céphalique effectue des mouvements variés.

Une autre remarque nous paraît offrir une réelle importance : dès qu'il n'existe plus dans le foie de Grandes Douves vivantes, la bile perd la coloration brune qui est une des caractéristiques de la distomatose, pour reprendre sa teinte vert clair et sa limpidité. La coloration brune est attribuable en effet aux matières que rejettent ces parasites par la bouche, orifice unique de leur appareil digestif.

Il est bien entendu que l'élimination des Douves ne représente qu'un élément (à la vérité l'élément primordial) du traitement ; mais il sera permis d'escompter le rétablissement des animaux si l'on opère sur des sujets pris au début de la maladie, avant que ne se soient constituées des lésions hépatiques irrémédiables.

En résumé, de tous les agents médicamenteux dont nous avons fait l'essai contre les Douves du foie du mouton, un seul nous a paru donner des résultats nettement positifs : l'extrait éthéré de fougère mâle. Encore ne semble-t-il guère agir, du moins dans les conditions où nous avons opéré, que sur les Grandes Douves, et exclusivement sur celles du foie; il n'atteint pas les parasites qui ont émigré dans le péritoine. Quatre doses de 5^g au moins paraissent nécessaires pour assurer le succès.

Il convient d'ajouter que l'application à la thérapeutique de la distomatose de ce médicament, dont l'action contre les vers du tube digestif est bien connue, permettra de combattre en même temps les infestations parasitaires surajoutées, la strongylose gastro-intestinale en particulier.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le dosage du phosphore dans le lait.* Note de MM. **Bordas** et **Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons montré, dans une Note présentée à l'Académie et intitulée *Considération sur l'analyse du phosphore dans les cendres du lait*, que lorsqu'on fait les cendres de ce liquide on ne provoque non seulement aucune perte

de phosphore par l'action du charbon sur les phosphates mais encore la matière grasse du lait n'entraîne aucune partie du phosphore à l'état de combinaison volatile.

Dans une Note présentée à l'Académie le 10 avril dernier et ayant pour titre : *Sur le dosage du phosphore dans le lait*, MM. Fleurent et Lucien Lévi ne font que commenter notre travail et nous attribuent une opinion qui n'a jamais été la nôtre comme le prouve du reste le texte même de la Note que nous avons publiée.

L'exemple que nous avons choisi était le suivant :

	P^2O^5 par litre de lait.
Dosage de l'acide P^2O^5 sur les cendres totales.....	1g,663

lesquelles ont été obtenues par simple calcination, avec les précautions d'usage.

Puis, comme nous avions eu soin de l'indiquer, nous avons contrôlé ce chiffre ainsi trouvé en opérant sur le lactosérum, puis sur le coagulum en utilisant le procédé de M. Marie.

C'est ainsi que nous avons trouvé :

	P^2O^5 par litre de lait.
	g
Dans le lactosérum..............................	1,279
Dans le coagulum..............................	0,319
Soit, au total.....................	1,598

et nous ajoutions : « nous trouvons 1g,598 de P^2O^5 au lieu de 1g,663 de P^2O^5 dosé directement sur les cendres totales du lait, c'est-à-dire une différence pratiquement nulle ».

Cette *différence* ne peut pas être *une perte pendant la calcination au rouge sombre*, comme nous le font dire MM. Fleurent et Lucien Lévi, puisque dans notre exemple le chiffre de l'acide P^2O^5 provenant de la calcination des cendres totales *est plus élevé* que le chiffre d'acide P^2O^5 fourni par notre contrôle sur le lactosérum et le coagulum.

Comme c'est là le point de départ des critiques que nous adressent MM. Fleurent et Lucien Lévi, nous croyons superflu d'insister. Nous conclurons en disant qu'il est, à notre avis, inutile, pour doser l'acide phosphorique dans les cendres d'un lait, d'introduire des corps étrangers tels que : baryte, silice, chaux, chaux sodée, magnésie, ainsi que l'ont préconisé autrefois Alquier, Behagel von Adlerskron, Monthulé, Ed. Geneuil et tout récemment MM. Fleurent et Lucien Lévi. Cela ne nous empêchera pas de consulter avec intérêt le Mémoire que MM. Fleurent et Lucien Lévi ont remis à la Société chimique lorsque ce Mémoire sera publié.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'extraction de la zymase.* Note de M. **Alexandre Lebedeff**, présentée par M. E. Roux.

Dans la séance du 3 janvier 1911, j'ai fait une communication préliminaire sur la zymase extraite de la levure préalablement desséchée par simple macération dans l'eau, en « me réservant d'étudier plus en détail les propriétés du suc de levure obtenu par ma méthode, ainsi que les conditions dans lesquelles ce suc présente le maximum d'activité » (¹).

M. E. Kayser a publié ici même (²) une Note, sous le titre *Recherches sur le suc de levure de bière*, dans laquelle, en étudiant ma méthode, dont il reconnaît la commodité, il attribue une grande importance, sous le rapport de l'activité du suc, à « l'état de la levure, au mode de dessiccation, à la proportion d'eau ajoutée à la levure, et surtout à la température à laquelle s'effectue la macération ».

Or et avant même la publication de mon Mémoire détaillé, qui doit paraître prochainement, j'ai déjà, dans les séances de la Société chimique de France des 27 janvier et 24 mars, attiré l'attention sur ces points importants de la préparation du suc de levure.

En rappelant cette priorité, je suis heureux de constater que les expériences de M. Kayser confirment mes propres observations.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le raz de marée du grand tremblement de terre de 1755 en Portugal.* Note de M. **F.-L. Pereira de Sousa**, présentée par M. A. Lacroix.

On a jusqu'à présent considéré le mégasisme sous-marin, connu sous le nom de *tremblement de terre de Lisbonne*, comme partant de l'Océan au sud-ouest de cette ville; mais l'étude de la direction des vagues sismiques sur les côtes et dans les ports portugais ne confirme pas cette hypothèse.

Le raz de marée a commencé par assécher les rivages, puis il les a assaillis et quelquefois les a ravagés avec violence. Il y a eu trois plus grands mouvements de la mer.

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, p. 49-50.
(²) *Ibid.*, t. 152, p. 975.

Après avoir étudié divers documents et publications qui se réfèrent à ce tremblement de terre, on peut résumer les effets du raz de marée en Portugal de la manière suivante :

Du cap Saint-Vincent (Algarve) vers l'Est : Cap Saint-Vincent. — Ce cap forme du côté de l'Est une anse protégée contre les vagues du Sud-Sud, qui au contraire ravagent la partie nord. Dans le mégasisme de 1755, c'est le contraire qui est arrivé : la mer au Nord a commencé par baisser à peu près de 12^m, mais n'est pas sortie de ses limites, tandis que du côté de l'Est, à une demi-lieue de distance vers la mer et à une profondeur de 16^m, elle s'est retirée entièrement, puis est montée avec tant de force que, se heurtant contre les rochers, elle s'est élevée à près de 60^m.

Sagres. — Dans ce village, situé au milieu d'un étroit petit cap dans la direction NS, la mer, après s'être retirée d'une demi-lieue, a assailli avec tant de violence les hautes falaises de 30^m qu'elle a monté beaucoup, et davantage du côté de l'Est, en transportant, en dedans des murailles des anciennes fortifications, des poissons, de grands fragments de roches, etc. Au nord-est de ce village et à environ 5^{km} est située la plage du *Mortinhal*, tournée vers le Sud et protégée contre les vagues du Sud-Ouest ; la mer y a pénétré jusqu'à une demi-lieue, ravageant les cultures et laissant à sec beaucoup de poissons et d'énormes blocs de roche.

Lagos. — C'est la ville la plus importante de l'Algarve occidentale ; elle est située à l'ouest d'une jolie baie ouverte vers le Sud. Elle est complètement protégée contre les vagues du Sud-Ouest, mais les ondes sismiques y ont fait beaucoup de dégâts. Elle se trouve à l'extrémité de la rive droite d'une petite rivière qui coule vers le Sud-Est. La mer, après s'être retirée sur une grande surface, est entrée par la vallée de la rivière avec beaucoup de violence, à plus d'une demi-lieue, transportant presque jusqu'à cette distance de petites embarcations, s'élevant de 11^m jusqu'à la partie supérieure des murailles de la ville, les détruisant en certains endroits, et ravageant les prairies, une chapelle, un pont, etc. dans la vallée.

Villa Nova de Portimão. — Ville éloignée de la mer de $2^{km},5$ et située sur la rive gauche d'une rivière qui de là prend à peu près la direction S-SE. La mer s'est élevée à environ 12^m, inondant et ravageant les rives du fleuve. Elle a détruit un fort, un couvent déjà ébranlé par les secousses, etc., tuant 40 personnes.

Le raz de marée a causé aussi beaucoup de dommages et plusieurs morts jusqu'à Faro, ville où déjà il s'est fait moins sentir, ainsi que sur le reste du rivage portugais, en continuant vers l'Est.

Du cap Saint-Vincent vers le Nord : Ponta da Arrifana. — C'est un petit promontoire étroit mais élevé de 60^m qui se dirige droit vers l'Ouest, et à 32^{km} au nord-nord-est du cap Saint-Vincent. La mer s'est retirée à 60^m, puis elle s'est lancée avec impétuosité contre les rochers, s'élevant au Sud à une grande hauteur, ravageant le fort, tandis qu'au Nord elle a seulement monté de 4^m.

Sétubal. — Importante ville basse et plate, à l'entrée du Sado, sur sa rive droite, tournée vers le Sud et protégée contre les vagues de ce côté et du Sud-Ouest. La mer l'a inondé et y a pénétré sur une longueur de 350^m, transportant différentes embarcations, s'élevant jusqu'au plancher du premier étage de quelques constructions, etc.

Lisbonne. — La capitale du Portugal est située sur le Tage, comme Sétubal sur le

Sado, mais plus loin de la mer. Le Tage s'est élevé de 6^m et a inondé surtout le quartier de San-Paulo, mais il est relativement peu entré dans la ville et a fait peu de ravages.

Cascães. — Le contraire est arrivé à Cascães, bourg situé à environ 30^{km} à l'ouest de Lisbonne, au nord-est d'une petite baie, tournée vers le S-SE et protégée du côté SO. La mer est entrée avec tant de violence qu'elle a transporté de petites embarcations jusqu'à sa partie élevée, Alto do Poço Volho, c'est-à-dire dans la direction S-SE et N-NO.

Au nord de Lisbonne, les vagues sismiques n'ont pas fait de dégâts remarquables. Seulement la mer a traversé du Sud au Nord le petit isthme bas de la presqu'île de Peniche, faisant quelques morts.

Archipel de Madère. — *Madère.* — Les secousses n'ont pas été fortes et il n'y a pas eu de ruines; toutefois au Sud, à Funchal, la mer est montée à 5^m au-dessus de la maré e haute, et sur le rivage du Nord elle a commencé par reculer de 100^m, en laissant à terre une grande quantité de poissons.

Porto-Santo. — La mer, après avoir abandonné, en se retirant, le *Boqueinão do Ilhen de Cinia*, passage situé à l'est de la ville, de 230^m de largeur et de 6^m à sa plus grande profondeur, y est entrée avec tant de violence, qu'elle a remonté de 200^m la rivière de la ville très peu inclinée et dans la direction NS.

Archipel des Açores. — On y a senti le tremblement de terre, qui n'a pas fait de ruines. Seulement, les flux et reflux des vagues sismiques, surtout dans l'île Fercuia, ont mis en danger les bateaux.

Il me semble qu'on peut conclure des faits qui précèdent :

Qu'en Portugal, dans le mégasisme de 1755, *les directions des vagues sismiques ne confirment pas l'hypothèse d'une zone épicentrale sous-marine située au sud-ouest de Lisbonne;*

Qu'elles conduisent à placer cette zone au sud de l'Algarve occidental et au nord-est de l'archipel de Madère;

Que peut-être, pour préciser davantage, elle était située à l'entrée du golfe de Cadix (en considérant ce golfe à partir du cap Saint-Vincent), mais plus près de la côte portugaise, car c'est là que le tremblement de terre a été le plus violent.

M. Bertin présente à l'Académie deux Mémoires intitulés : *Calcul des carènes inclinées*, par M. Leparmentier.

(Renvoi à la Commission du Prix extraordinaire de la Marine.)

La séance est levée à 4 heures. G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 24 avril 1911.

Société d'Histoire naturelle d'Autun : XXIII[e] Bulletin. Autun, Dejussieu, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Michel Lévy.)

Effeitos do terremoto de 1755 nas construcções de Lisboa, por Francisco-Luiz Pereira de Sousa. Lisbonne, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Recherches sur la biologie de l'Anchois (Engraulis encrassicholus Linné) : *Races, âge, migrations*, par Louis Fage. (*Annales de l'Institut Océanographique;* t. II, fasc. 4.) Paris, Masson et C[ie], 1911; 1 fasc. in-4°.

Les unités électriques, par E. de Baillehache. (Extr. de *Sciencia : Rivista di Scienza;* t. VIII, n° 15, 4[e] année, 1910.) Paris, Félix Alcan; Bologne, Nicola Zanichelli; 1 fasc. in-8° (Hommage de l'auteur.)

Sur une nouvelle détermination de la force électromotrice de l'élément Weston normal, par R. de Baillehache. (Extr. des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 4[e] période, t. XXXI, mars 1911.) Paris, H. Le Soudier; 1 fasc. in-8°.

Étude sur le relief du sol et recherches des lois qui y président, par A. Boulangier; 1[er] et 2[e] fascicules. Paris, Dunod, 1880; 2 fasc. in-8°.

Traité de Géographie physique, par le Commandant Boulangier; t. I-III. Paris, V[ve] Ch. Dunod et P. Vicq, 1896-1898; 3 vol. in-8°.

Report of the Librarian of Congress, and report of the Superintendent of the Library building and Grounds, for the fiscal year ending june 30, 1910. Washington, Government printing Office, 1910; 1 vol. in-8°.

Noticia acerca da vida e obras de João Pinto Delgado, por Sousa Viterbo. (*Hist. e Mem. da Acad.*, t. XII, 2[e] partie, n° 1.) Lisbonne, 1910; 1 fasc. in-4°.

A mathematica na musica e na linguagem, por Alvaro da Silveira. Bellohorizonte, 1911; 1 fasc. in-8°.

Theory of the rotation of the plane of polarisation, by D.-H. Brauns. Détroit (États-Unis), 1911; 1 fasc. in-8°.

Nature of the electric discharge, by Francis-E. Nipher. (*Transactions of the Academy of Science of Saint-Louis*); t. XX, n° 1, 28 février 1911.) 1 fasc. in-8°.

Codgio mnemo-telegraphico com applicação a meteorologia, pello engenheiro Nuno Duarte. Rio-de-Janeiro, typ. Leuzinger, 1911; 1 fasc. in-8°.

Di un metodo colorometrico per la determinazione dell' anidride fosforica, per Napoleone Passerini. (Extr. des *Atti della R. Accademia dei Georgofili;* 5[e] série, t. VII, année 1910.) Florence, M. Ricci, 1910; 1 fasc. in-8°.

Il sismo, il vulcanismo e la constituzione geofisica del geoide, per Leonardo Riccardi. (Extr. du *Bull. della Soc. di Nat. di Napoli;* t. XXIV, 1910.) Naples; 1 fasc. in-8°.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **B. Baillaud**, en présentant à l'Académie le Volume des *Annales de l'Observatoire de Paris* contenant les *Observations faites en* 1892, s'exprime en ces termes :

Ce Volume renferme :

1° Des observations au grand cercle méridien, avec les positions moyennes conclues pour 1892,0, les coordonnées polaires des centres du Soleil, de la Lune et des planètes principales, et la comparaison avec les Tables employées dans la *Connaissance des Temps;*

2° Des observations d'ascensions droites d'étoiles fondamentales à la lunette de Gambey, avec un catalogue pour 1892,0;

3° Des observations de comètes, de planètes, d'occultations d'étoiles par la Lune aux équatoriaux des tours de l'Est et de l'Ouest et au petit équatorial coudé;

4° Les observations de nébuleuses entre 9^h et 10^h d'ascension droite, faites par M. Bigourdan;

5° Les observations météorologiques.

L'élaboration de ce Volume a été commencée sous la direction de M. Lœwy; la direction de la vérification des calculs a été confiée à M. Lagarde; après tant d'années écoulées elle a été souvent très délicate. Nous comptons présenter cette année à l'Académie le Volume de 1893, après quoi la lacune ne s'étendra plus qu'aux années 1894, 1895 et 1896; pour la combler, sans créer entre 1906 et 1910 une lacune nouvelle, il faudra un effort auquel, sans doute, les ressources ordinaires de l'Observatoire ne pourront pas suffire.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un voltmètre électrostatique à lecture directe pour très hautes tensions*. Note de MM. **P. Villard** et **H. Abraham**.

Il semble à première vue que la réalisation d'un voltmètre électrostatique, auquel il soit possible d'appliquer des tensions de 200 ou 300 kilovolts, doive présenter de grandes difficultés ou conduire à des dimensions excessives.

L'étude que nous poursuivons sur les décharges à haut voltage nous a montré qu'un tel appareil peut au contraire être aisément réalisé avec des dimensions très acceptables. En raison même des voltages élevés mis en jeu, on dispose de forces relativement considérables qui permettent d'adopter des dispositifs mécaniques d'amplification de mouvements, grâce auxquels on obtient la lecture directe par déplacement d'une aiguille sur un cadran.

La cage protectrice employée par Lord Kelvin, qui augmente énormément l'encombrement des appareils à haut voltage, peut être abandonnée sans qu'il en résulte d'erreur notable.

L'instrument, très habilement construit sur nos indications par les ateliers Carpentier (voir la figure), se présente sous la forme d'une boîte cylindrique isolée, d'une vingtaine de centimètres de diamètre, dont tous les angles sont fortement arrondis. A l'intérieur de la boîte, une tige horizontale suspendue par deux minces rubans d'acier, de manière à former un parallélogramme articulé, constitue un pendule à translation dont le mouvement se transmet à l'aiguille indicatrice par bielle et manivelle; les déplacements de l'aiguille se lisent sur un cadran gradué au travers d'une fenêtre pratiquée dans la face antérieure de la boîte métallique. Tout ce mécanisme, étant placé dans une enceinte métallique fermée, se trouve protégé électriquement d'une manière parfaite.

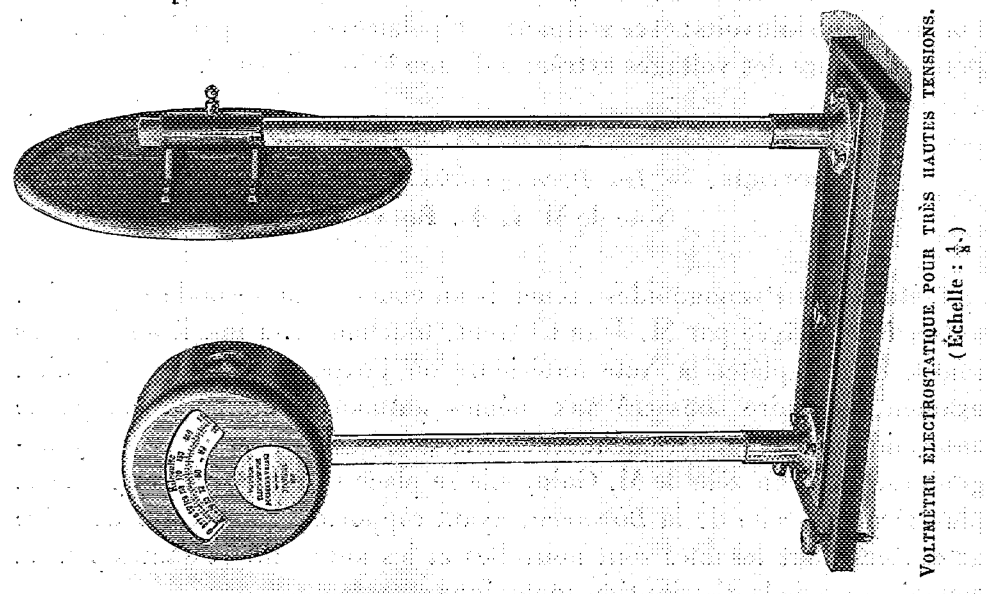
L'une des extrémités de la tige horizontale du pendule est pourvue d'un puissant amortisseur à air ; à l'autre extrémité se trouve l'organe soumis aux forces électriques. Cette pièce essentielle est une capsule à bords droits en aluminium embouti, dont le fond légèrement bombé, formant piston, affleure au niveau d'une ouverture pratiquée au milieu de la paroi cylindrique de la boîte.

L'ensemble de la boîte et de la capsule d'aluminium constitue ainsi un conducteur, dont une partie de la surface est mobile et transmet son mouvement à l'aiguille indicatrice.

En face de la paroi mobile, se trouve le large plateau attirant tenu verticalement par un support isolant. Suivant la distance à laquelle on fixe ce plateau, on peut donner au même appareil plusieurs sensibilités : un écartement de dix à vingt centimètres convient pour des voltages de 100 ou 200 kilovolts.

Cet appareil a été étalonné par comparaison avec un électromètre absolu, étudié par l'un de nous en commun avec M. J. Lemoine.

Exactitude des indications de l'appareil. — Il est évident que le voisinage immédiat d'objets extérieurs modifierait la force exercée sur la paroi mobile et causerait des erreurs dans les mesures. Mais en raison même des dangers que présente le maniement des hauts voltages, on est toujours conduit à ne rien laisser au voisinage de l'instrument et à effectuer les lectures à distance : dans ces conditions, une cage protectrice serait manifestement superflue.



VOLTMÈTRE ÉLECTROSTATIQUE POUR TRÈS HAUTES TENSIONS.
(Échelle : $\frac{1}{8}$.)

Le plateau attirant est par suite le seul corps qui ait une action sensible sur la pièce mobile. Au point de vue de l'électrostatique élémentaire, la force motrice est donc entièrement définie par la valeur de la différence de potentiel appliquée à l'instrument.

Il en serait bien ainsi dans le vide, mais il ne faut pas oublier que l'expérience se fait dans l'air. Aux très hauts voltages, sans même qu'il se produise aucune aigrette ou aucune lueur appréciable, la densité électrique cubique de l'air n'est pas exactement nulle, et les théorèmes élémentaires de l'électrostatique cessent d'être rigoureusement applicables.

L'expérience montre en effet que pour les voltages élevés on observe de petites variations dans les lectures quand on change le signe de la différence de potentiel, ou bien quand on relie au sol l'une ou l'autre des électrodes.

Pour des mesures de précision, on peut rendre ces écarts insensibles, en adaptant à la boîte métallique du voltmètre un large anneau de garde qui

entoure la pièce mobile. L'instrument qui est alors symétrique devient en même temps physiquement correct.

Voltmètre unipolaire. — Dans le cas où l'on se propose de mesurer le potentiel d'un conducteur par rapport au sol, on supprime le plateau attirant et son support. L'appareil est réduit à la boîte à paroi mobile que l'on a soin de tenir à au moins 1^m de distance des objets environnants [1]. La sensibilité reste encore largement suffisante pour des potentiels de l'ordre de 100 kilovolts; et ce voltmètre unipolaire convient particulièrement pour la mesure des voltages extrêmes de 200 à 300 kilovolts.

ZOOLOGIE. — *Les Pycnogonides du* Pourquoi-Pas? Note de M. E.-L. Bouvier.

L'étude des Pycnogonides recueillis au cours de la seconde expédition antarctique dirigée par M. Jean Charcot, touchant à sa fin, il ne sera pas inutile de compléter la Note antérieure où j'exposais les résultats d'un examen sommaire consacré aux mêmes animaux. Car cette campagne antarctique fut singulièrement fructueuse; en ce qui concerne les Pycnogonides, grâce au zèle de M. Gain, elle se place sur le même rang que la plus féconde, celle de la *Discovery*, ayant rapporté comme cette dernière 28 espèces dont les unes sont nouvelles et les autres intéressantes pour la connaissance de la distribution zoologique.

I. *Colossendéomorphes.* — Ce groupe est représenté par des Pycnogonides ordinairement volumineux qui recherchent presque tous les eaux froides, de sorte qu'ils sont abyssaux dans les régions tropicales ou tempérées et ne remontent au voisinage du littoral que dans les régions polaires. Le groupe comprend deux familles : les Décolopodidés et les Colossendéidés.

Les Décolopodidés sont les formes primitives du groupe, car ils présentent encore des chélicères bien développés et comptent 5 paires de pattes. La famille se réduit à deux espèces, l'une découverte par le *Français* (*D. australis* Bouv.), l'autre (*D. antarctica* Eights.) anciennement connue et rapportée cette fois par le *Pourquoi-Pas?* qui l'a trouvée aux Shetlands. Cette seconde espèce paraît moins franchement antarctique que la première.

---

[1] Sous cette dernière forme surtout, l'appareil se rapproche de l'électromètre absolu à hémisphère mobile de M. Lippmann.

Les Colossendéidés sont octopodes et dépourvus de chélicères; on en connaît 26 espèces dont 6 arctiques et 11 antarctiques. Ces dernières appartiennent au genre *Colossendeis* et, dans les collections du *Pourquoi-Pas?*, ne comprennent que trois formes : la *C. robusta* Möbius, connue seulement à Kerguelen; la *C. australis* Hodgson, trouvée par la *Discovery*, et une forme nouvelle, la *C. gracilipes* qui, très voisine de la *C. patagonica* Hodgson, s'en distingue par divers caractères, mais surtout par son fémur plus court et seulement égal au premier tibia. De ces découvertes il résulte que les deux premières espèces sont vraisemblablement circumpolaires et que la *C. robusta* est à la fois subantarctique et antarctique.

II. *Nymphonomorphes.* — Les Pycnogonides appartenant à ce groupe sont bien plus variés que les précédents comme habitat et comme formes. Ils comprennent quatre familles : les Nymphonidés, les Pallénidés, les Phoxichilidiidés et les Phoxichilidés.

Au point de vue de l'habitat, les Nymphonidés ressemblent beaucoup aux Colossendéomorphes, mais leurs types sont bien plus nombreux. Ils ne comptent pas moins de 74 espèces réparties en cinq genres, dont deux purement arctiques (*Paranymphon* et *Boreonymphon*), un antartique (*Pentanymphon*) et deux autres d'une distribution très vaste (*Nymphon* et *Chætonymphon*).

La famille débute par le genre primitif *Pentanymphon*, qui est décapode et ne comprend qu'une seule espèce, le *P. antarcticum* Hodgson, espèce circumpolaire. Les individus assez nombreux recueillis par le *Français* et le *Pourquoi-Pas?* dans la province magellanique sont assez différents de ceux trouvés par la *Discovery* dans la province de Kerguelen; ils ont le cou bien plus étroit, de sorte qu'ils représentent peut-être une forme locale.

Dans le genre *Nymphon*, on connaît aujourd'hui 58 espèces dont 22 arctiques et 19 antarctiques. Parmi ces dernières se trouvent quatre espèces nouvelles trouvées aux Shetlands par le *Pourquoi-Pas?*. Ces quatre espèces sont dépourvues de griffes auxiliaires ; trois d'entre elles (*stylops*, *Charcoti*, *tenuipes*) se rangent parmi les Nymphons où le premier tibia n'est pas sensiblement plus long ou reste même plus court que le second ; la quatrième espèce (*proceroides*) appartient au groupe où le second tibia est beaucoup plus court que le premier et à peu près égal au fémur. Le *N. stylops* possède encore des rudiments de griffes auxiliaires, il a le tronc court et un tubercule oculaire haut et grêle où les yeux font quelquefois défaut ; c'est une espèce pullulante, à en juger par les nombreux exemplaires capturés d'un seul

coup ; il se rapproche d'une espèce aveugle d'Auckland, le *C. compactum* Hoek, où d'ailleurs le tubercule oculaire reste bas et court. Le *N. Charcoti* est peut-être la plus grande espèce du genre ; son tubercule oculaire est en dôme, et son fémur égale le premier tibia; voisin du *N. capense* Hoek il s'en distingue par les quatre derniers articles subégaux de ses palpes. Le *N. tenuipes*, ainsi nommé à cause de ses pattes très grêles, est caractérisé par la longueur prédominante du deuxième article de ses palpes, en quoi il ressemble à deux espèces chiliennes, le *N. procerum* Hoek et le *N. longicollum* Hoek; mais son tarse est aussi long que le propode, tandis qu'il est plus court dans les deux formes précitées. Quant au *N. proceroides* il ressemble au *procerum* par la forte dilatation terminale de la deuxième coxa chez les femelles, ce qui le distingue du *N. hamatum* Hoek, de même que les pinces faibles et le tarse plus court que le propode.

Les *Chaetonymphon* sont localisés près des pôles; ils comprennent huit espèces arctiques, toutes caractérisées par leur tarse plus long que la moitié du propode, et cinq espèces antarctiques où le tarse égale au plus la moitié de ce dernier article. Le *Pourquoi-Pas?* a capturé en pleine zone antarctique le *C. brevicaudatum* Möbius, considéré jusqu'ici comme simplement subantarctique.

La famille des Pallénidés compte 32 espèces réparties en 5 genres : les *Pallene*, répandus partout et ordinairement sublittoraux; les *Parapallene*, de même habitat, mais inconnus près des pôles; les *Cordylochele*, tous arctiques; les *Pseudopallene*, arctiques ou antarctiques, et les *Hannonia* du Cap. Les Pallénides se rattachent étroitement aux Nymphonides par les *Parapallene;* comme l'a établi Böhm, et comme j'ai pu m'en convaincre en étudiant les récoltes de M. Harmand au Japon, le *P. longiceps* Böhm a des palpes aussi longs que la trompe, mais réduits à deux articles, dont un basilaire fort petit.

Les espèces recueillies par le *Pourquoi-Pas?* se rangent dans le genre *Pseudopallene* qui compte quatre représentants antarctiques. Elles sont au nombre de trois : la *P. cornigera* Möbius (*Cordylochele Turqueti* Bouv.), déjà capturée par le *Français*, et deux espèces nouvelles, la *P. brachyura* et la *P. cristata*. La première espèce est voisine de l'*australis* Hodgson dont elle se distingue par son abdomen réduit à une légère saillie verticale et par ses pinces où le doigt fixe est largement obtus; la seconde est richement armée d'épines comme une espèce arctique, la *P. circularis* Goodsir; elle a d'ailleurs pour caractères propres une trompe effilée, des pinces à doigts inermes et de hautes saillies dorsales.

Les Phoxichilidiidés se rattachent aux Nymphonides, comme les Pallénides, dont ils diffèrent par leur tubercule optique situé très en avant. Leurs espèces sont au nombre de 47, distribuées en 5 genres; deux localisées dans la zone sublittorale des régions chaudes ou tempérées (*Rigona*, *Halosoma*) et trois autres qui ont une distribution plus large : *Phoxichilidium*, avec 2 espèces propres à l'hémisphère boréal; *Anoplodactylus* avec 20 espèces dont 2 subarctiques et 2 subantarctiques; enfin *Pallenopsis* qui compte également 20 espèces, dont 2 arctiques et 7 antarctiques. Trois de ces dernières ont été rapportées par M. Charcot : *P. pilosa* Hoek, recueilli d'abord par le *Challenger* et retrouvé par la *Discovery; P. glabra* Möbius, également capturé par la *Discovery* et découvert par la *Valdivia;* enfin une forme nouvelle, la *P. macronyx*, ainsi nommée à cause de sa griffe terminale à peu près aussi longue que le propode; à ce point de vue, notre espèce ressemble à la *P. brevidigitata* Möbius, dont elle se distingue d'ailleurs par tous les autres caractères, notamment par son corps discoïde et par ses pattes courtes où le fémur n'est pas plus long que le céphalothorax.

Reste enfin la famille des Phoxichilidés qui sont des Pallénides où les chélicères ont disparu de même que les rudiments de palpes. La famille ne renferme qu'un genre, *Phoxichilus*, avec 7 espèces littorales ou sublittorales, dont une arctique et une antarctique. Cette dernière est le *P. australis* Hodgson, dont on ne connaissait qu'un spécimen capturé par la *Discovery;* le *Pourquoi-Pas?* en a recueilli plusieurs individus sur lesquels j'ai pu examiner les orifices des très nombreuses glandes cémentaires; le diamètre de ces orifices n'excède pas 50µ.

III. *Ascorhynchomorphes.* — Les formes décapodes ne sont pas encore connues dans ce groupe qui comprend deux familles, les Eurycydidés et les Ammothéidés, cette dernière justement divisée par M. Loman en Nymphopsinés et Ammothéinés.

Aucune espèce antarctique et seulement 3 arctiques parmi les 24 qui composent la famille des Eurycydidés; aucune espèce polaire parmi les 10 Nymphopsinés actuellement connus, alors que l'on trouve 6 espèces arctiques et 14 antarctiques parmi les 54 espèces de la sous-famille des Ammothéinés. Les 11 espèces d'Ammothéinés antarctiques appartiennent à 7 genres parmi lesquels 3 seulement, *Leionymphon, Ammothea* et *Austroraptus*, sont représentés dans les récoltes du *Pourquoi-Pas?*

Le genre *Leionymphon* compte neuf espèces toutes antarctiques, à l'exception du *L. carolinensis* Leach. Six espèces, dont une nouvelle, ont été

recueillies au cours de l'expédition : le *L. striatum* Möbius et le *L. gibbosum* Möbius, connus seulement à l'île Bouvet où ils furent capturés par la *Valdivia;* le *L. grande* Pfeffer et le *L. Clausii* Pfeffer signalés à la Georgie du Sud; le *L. minus* Hodgson qui est une espèce circumpolaire, car on le retrouve aux Sandwichs du Sud (exemplaire communiqué par M. Lahille) et dans les parages plus antarctiques visités au cours de l'expédition; enfin une forme nouvelle, le *L. gracilipes*, qui se distingue du *L. minus* par ses pattes bien plus grêles et par sa deuxième coxa bien plus allongée. Ces matériaux très riches m'ont permis d'établir que l'*Ammothea curculio* Bouv. est le jeune du *L. gibbosum* et qu'il convient d'identifier, comme le pensait M. Hodgson, le *L. antarcticum* Bouv. avec le *L. Clausii*.

Les *Ammothea* antarctiques se limitent à trois espèces, car l'*A. Hoekii* Pfeffer est sûrement une *Ammothella*. Parmi ces trois espèces, deux seulement sont bien connues et proviennent des campagnes françaises. L'une est l'*A.communis* Bouv., espèce pullulante dans la province magellanique, où elle fut découverte par le *Français*, puis retrouvée par le *Pourquoi-Pas?*, et une espèce nouvelle que j'appellerai *A. serratipalpis* à cause de ses palpes dont les articles 7, 8 et 9 se dilatent inférieurement, et par leur ensemble forment une sorte de scie. La même disposition s'observe dans le *Leionymphon minus* et le *L. gracilipes;* au surplus, l'espèce nouvelle est la plus primitive du genre, car son corps est peu condensé et nettement articulé, son armature épineuse est réduite au minimum et ses pattes sont notablement allongées.

Je signale, pour terminer, une espèce rarissime, le singulier *Austroraptus glaciale* Hodgson, dont le *Pourquoi-Pas?* a capturé d'intéressants exemplaires.

IV. *Pycnogonomorphes*. — Ce groupe est représenté par 19 espèces réparties près du littoral ou à de faibles profondeurs. Il ne comprend qu'une seule famille avec les deux genres *Pentapycnon* et *Pycnogonum*, étudiés dans des Notes antérieures. Le genre *Pentapycnon* est décapode et se place à la base du groupe; il est représenté par deux espèces : l'une antarctique, le *P. Charcoti* Bouv.; l'autre de la Guyane, où elle fut trouvée par Geay (*P. Geayi* Bouv.). La découverte des *Pentapycnon* est certainement l'une des plus belles et des plus suggestives parmi celles dont nous sommes redevables aux naturalistes du *Pourquoi-Pas?* On sait que les mêmes naturalistes ont capturé un vrai *Pycnogonum*, le *P. Gaini*, dans les eaux antarctiques.

Conclusions. — En dehors des résultats zoologiques nombreux dont elle est la source, l'étude des Pycnogonides recueillis par le *Pourquoi-Pas?* conduit à cette conclusion que la faune du groupe est très riche dans les régions antarctiques, beaucoup plus riche certainement que dans les régions arctiques. Cette richesse prédominante est un fait acquis déjà, puisque l'on connaît 71 espèces de Pycnogonides antarctiques, alors qu'on n'en signale pas plus de 64 autour de l'autre pôle. Mais ce n'est là qu'un début; explorées depuis très longtemps avec beaucoup de soin par les chercheurs des deux mondes, les régions boréales ne nous réservent plus guère de surprises, tandis que les campagnes antarctiques, peu nombreuses encore, rapportent toutes des trésors insoupçonnés. Celle du *Pourquoi-Pas?* la dernière en date, ne nous donne-t-elle pas 12 formes nouvelles sur 28 et, dans ce nombre, le type des *Pentapycnon* qui justifie les modifications profondes introduites dans la phylogénie et le classement des Pycnogonides? Pour montrer jusqu'à quel point on peut compter sur les campagnes antarctiques pour étendre nos connaissances zoologiques, il me suffira de rapporter le fait suivant : dans la baie de l'Amirauté, aux Shetlands, par 420m de profondeur, un seul coup de chalut a rapporté les 4 espèces nouvelles de *Nymphon*, le *Pentapycnon Charcoti*, un *Pallenopsis* nouveau (*P. macronyx*), sans compter deux espèces des plus rares, la *Pseudopallene cornigera* Möbius et le *Leionymphon Clausii* Pfeffer. Une vraie pêche miraculeuse!

Cette richesse de la faune antarctique n'est certainement pas propre aux Pycnogonides, elle doit s'étendre à d'autres groupes. Il convient de l'attribuer, ce me semble, à la présence d'un continent polaire dont les rives et les îles avoisinantes portent une végétation sous-marine où peuvent trouver un aliment toutes les espèces, quel que soit leur régime.

PLIS CACHETÉS.

M. E. Chenard demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 janvier 1911 et inscrit sous le n° 7713.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *Quelques applications des spirales paraboliques.*

(Renvoi à l'examen de M. Lecornu.)

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Résumé des observations physiques de la planète Mars, faites dans l'opposition* 1909-1910, *avec des remarques sur la qualité des images télescopiques en diverses régions.* Note de M. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

La discussion des observations de Mars, entreprises à mes trois stations du Revard, du Massegros et de Toury, dont j'ai déjà donné des extraits (¹), a fait ressortir des faits nouveaux et importants.

La régularité avec laquelle la calotte polaire australe de Mars diminue et disparaît est à signaler particulièrement. En 1894, époque où Mars se rapprochait de nous au même moment de ses saisons, Barnard, au grand réfracteur de Lick, n'observa plus cette tache polaire après le 19 novembre, soit deux mois et demi exactement avant l'équinoxe d'automne. Or, en 1909, la calotte disparut aussi, d'après nos études, juste à la même date martienne. Quant à sa réapparition en 1895 et en 1910, elle se fit également avec une concordance remarquable.

Par contre, les changements constatés dans la tonalité et dans la forme des plages sombres de cette planète, particulièrement dans ses régions équatoriales, ne paraissent pas pouvoir être reliés de façon satisfaisante à ses saisons, d'après nos observations, tandis que, ainsi qu'il vient d'être dit, la diminution et la réapparition de la substance blanche polaire les suivent avec une régularité quasi mathématique.

On ne put déceler la présence d'un état liquide quelconque, produit par la disparition de la substance blanche polaire; mais l'existence d'un bourrelet sombre qui parfois la borde dans certaines régions, et la suit dans son retrait, paraît certaine; elle ne semble pas être le résultat d'un effet de contraste.

La discussion des phénomènes observés au cours de la décoloration anormale de toutes les plages sombres équatoriales de Mars, en juin et et juillet 1909, n'a permis de déterminer ni la cause, ni la nature de cette décoloration. Elle ne semble pouvoir être expliquée ni par les saisons de cette planète, ni par des brumes basses, ni par des nuages élevés, ni par la

(¹) *Comptes rendus*, 11 et 26 octobre, 27 décembre 1909.

formation d'une matière blanchâtre ayant quelque analogie avec la substance blanche polaire. Il ne peut davantage être question de la rattacher à la présence d'une végétation, quelle qu'en soit la nature, ni à une précipitation aqueuse. Une violente agitation de l'atmosphère pourrait sans doute permettre d'expliquer certains des aspects constatés, mais d'autres restent inexplicables. Cette décoloration particulière, qui n'avait jamais encore été observée jusqu'ici dans toutes les régions équatoriales du disque, est un des faits nouveaux les plus remarquables qu'il nous ait été donné de signaler.

Il en est de même des variations de coloris de certaines plages sombres au cours de la journée martienne. Mes études ont montré en effet ce fait important, que leur tonalité devient plus sombre au cours de l'après-midi.

On avait déjà signalé antérieurement la tonalité plus claire, blanchâtre, qui semble recouvrir, certains jours, les plages avoisinant le côté droit du disque, c'est-à-dire les régions se trouvant alors au début ou au cours de la matinée martienne; mais ce phénomène, très souvent aperçu et étudié pendant nos observations, ne semble pas avoir de relation avec l'assombrissement des plages sombres au cours de l'après-midi martienne. Ces deux phénomènes devraient être suivis dans l'avenir avec la plus grande attention, ainsi d'ailleurs que les colorations anormales et momentanées dont je vais dire un mot.

Les colorations plus ou moins passagères, rougeâtres, saumonées, grisâtres, blanchâtres, furent fréquemment observées dans diverses régions de Mars. Les teintes grisâtres, en particulier, parurent à diverses reprises s'étendre de façon momentanée sur de vastes régions de tonalité très différente; les plages sombres habituelles de cette planète, que ces teintes grisâtres semblaient parfois masquer plus ou moins, avaient leurs bords vagues, invisibles, ou même présentaient des contours anormaux.

On pourrait croire qu'à plusieurs reprises nous ayons assisté d'ici à des troubles atmosphériques très importants, tels de vastes cyclones. Mais si le soulèvement de poussières et la formation de brumes peuvent expliquer certains phénomènes observés, les teintes grisâtres, étendues souvent sur d'immenses régions, ne paraissent guère pouvoir toutes se rapporter à des troubles atmosphériques, à moins d'admettre que certaines poussières puissent présenter une apparence grisâtre, ou qu'il se forme des brumes ou des vapeurs foncées.

J'ai étudié aussi avec la plus grande attention, de 1906 à 1910, la question capitale du calme des images terrestres télescopiques, dans de nombreuses stations situées à des altitudes et sous des climats fort différents. En voici les conclusions. Il est impossible, d'après les conditions orographiques, climatériques, etc. de telles ou telles régions, de préjuger de la qualité des

images télescopiques que l'on peut y rencontrer. En outre, ni le calme complet de l'atmosphère au niveau du sol et dans des couches peu élevées, ni le peu de scintillation des étoiles, ne sont des garanties du calme habituel des images.

Seuls des essais comparatifs avec des instruments assez puissants peuvent nous renseigner. Certaines stations situées sur de hauts plateaux, dans de vastes plaines, ont donné des images très onduleuses, tandis que dans d'autres, paraissant présenter des conditions orographiques moins favorables, elles étaient bonnes.

Dans le nord de l'Afrique, dans des régions assez éloignées du désert, sur les hauts plateaux, on constate même vers la fin de l'automne une agitation importante des images, provenant sans doute d'un courant d'air chaud dans les hautes régions de l'atmosphère, insensible au niveau du sol et non indiqué par la direction des nuages. En se plaçant vers la limite nord de certains hauts plateaux, les images paraissent bien stables et la limpidité de l'atmosphère est remarquable. Sans doute, le courant d'air chaud en cette saison n'arrive pas en général jusque-là.

D'ailleurs, les mauvais effets des courants d'air chaud sont très sensibles non seulement en Afrique, mais dans le midi de la France, voire même dans la région moyenne du Plateau Central.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Détermination des lignes de courbure de la surface des ondes de Fresnel.* Note de M. **Jules Drach.**

1. Dans divers travaux (*Comptes rendus*, 1893, 1895, 1909; *Ann. E. N. S.*, 1898; *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, 1908, 1910) j'ai développé une théorie d'intégration (*Intégration logique*) des équations différentielles ordinaires (et de toutes les équations qui se ramènent à celles-là) qui permet *a priori* de classer et de caractériser tous les types de transcendantes qui satisfont à de telles équations. La difficulté de chaque problème d'intégration est définie de manière précise et sans arbitraire par un certain groupe que j'ai appelé le *groupe de rationalité*.

Pour l'équation du premier ordre

$$\frac{dy}{dx} = \mathrm{A}(x, y),$$

par exemple, les seuls cas généraux d'abaissement dans la difficulté de l'intégration sont ceux où il existe pour l'équation

$$\mathrm{X}(z) = \frac{\partial z}{\partial x} + \mathrm{A}\frac{\partial z}{\partial y} = 0,$$

ou pour les *résolvantes* dont dépendent

$$\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^n, \quad \frac{\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}}{\frac{\partial z}{\partial y}}, \quad \frac{\frac{\partial^3 z}{\partial y^3}}{\frac{\partial z}{\partial y}} - \frac{3}{2}\left(\frac{\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}}{\frac{\partial z}{\partial y}}\right)^2,$$

une solution rationnelle dansle domaine de rationalité auquel appartient $A(x, y)$.

Je me suis proposé d'appliquer cette théorie générale à l'équation différentielle des lignes de courbure de la surface des ondes de Fresnel, en d'autres termes de *déterminer le groupe de rationalité de cette équation* qui a donné lieu à de nombreuses recherches (Bertrand, Combescure, Brioschi, etc.)

L'étude de l'intéressante Note consacrée par M. Darboux (*Théorie des surfaces*, t. IV, Note VIII) à la surface des ondes m'a permis de traiter la question complètement; j'adopterai les notations de l'éminent géomètre.

2. La surface étant définie par les équations

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = \beta, \qquad \frac{aX^2}{a-\beta} + \frac{bY^2}{b-\beta} + \frac{cZ^2}{c-\beta} = 0,$$

et la variable $\sqrt{\alpha}$ désignant la distance de l'origine au plan tangent en (X, Y, Z), M. Darboux pose

$$\beta = \alpha + \frac{u}{\alpha}$$

et trouve pour équation différentielle des lignes de courbure

$$(1) \qquad \varphi\left(\frac{du}{d\alpha}\right)^2 - \varphi' u\left(\frac{du}{d\alpha}\right) + u\varphi + \frac{u^2}{2}\varphi'' + \frac{u^3}{24}\varphi^{(\text{IV})} = 0,$$

où les accents indiquent des dérivées relatives à α et

$$\varphi = \alpha f(\alpha) = \alpha(\alpha - a)(\alpha - b)(\alpha - c).$$

Dans le cas où $f(\alpha)$ se réduit à un polynome du second degré, un artifice ingénieux lui permet de ramener l'intégration de (1) à des quadratures de différentielles algébriques. Au point de vue indiqué plus haut, si l'on pose alors

$$\frac{du}{d\alpha} + \varpi = 0, \qquad \varphi\varpi^2 + \varphi' u\varpi + u\varphi + \frac{u^2}{2}\varphi'' = 0,$$

l'équation $-\frac{\partial z}{\partial \alpha} + \omega\frac{\partial z}{\partial u} = 0$ est telle que la résolvante en $\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^3$ possède la solution rationnelle dans le domaine $[\varpi]$

$$\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^3 = \frac{1}{u^3(1-\varpi)};$$

le groupe de rationalité est

$$z' = \varepsilon z + a, \qquad \varepsilon^3 = 1.$$

En d'autres termes,

$$\frac{du + \varpi\, d\alpha}{u\sqrt[3]{1-\varpi}} = dz$$

est une différentielle exacte.

La même forme de multiplicateur convient à toutes les équations $\frac{du}{d\alpha} + \varpi = 0$ *pour lesquelles* ω *est une fonction de* u *et* α *définie par la relation implicite*

$$u^3(1-\varpi) = \varpi^3\, \varphi\left(\alpha + \frac{u}{\varpi}\right),$$

quelle que soit la fonction φ. Si l'on prend pour φ un polynome du troisième degré $\alpha^3 + \ldots$, on trouve une équation qui donne, si l'on fait $u = \varepsilon t$ puis $\varepsilon = 0$ après suppression de ε^2, le cas traité par M. Darboux. C'est l'étude de ce cas *envisagé comme cas limite* qui m'a conduit à la solution du cas général.

3. Supposons que le polynome φ commence par α^4 (ce qui exclut le cas particulier précédent), $\varphi^{(\mathrm{IV})} = 24$ et l'équation à étudier

$$\varphi\left(\frac{du}{d\alpha}\right)^2 - \varphi' u\left(\frac{du}{d\alpha}\right) + u\varphi + \frac{u^2}{2}\varphi'' + u^3 = 0$$

se conserve par la transformation $u = \frac{\varphi}{t}$. Si l'on pose

$$\omega^2 = -4\varphi u^3 + u^2(\varphi'^2 - 2\varphi\varphi'') - 4\varphi^2 u,$$

la même transformation remplace l'équation irrationnelle

$$\frac{du}{d\alpha} = \frac{u\varphi' + \omega}{2\varphi}$$

par la même équation en t, où ω est changé de signe.

Il s'agissait d'abord de rechercher si pour l'équation

$$\mathrm{X}(z) = \frac{\partial z}{\partial \alpha} + \frac{u\varphi' + \omega}{2\varphi}\,\frac{\partial z}{\partial u} = 0$$

(qui n'admet pas de solution z rationnelle) la résolvante en $\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^n$ peut pour

une valeur convenable de n posséder une solution rationnelle dans $[\omega]$. Si l'on pose

$$\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^n = \frac{K_0 + \omega K_1}{R},$$

où K_0, K_1, R sont des polynomes en (u, α), R *est un produit de solutions particulières algébriques. Les seules lignes de courbure algébriques sont les sections de la surface par les plans principaux et les cercles.*

Le résultat définitif est le suivant : *On doit prendre* $n = 3$ *et la valeur de* $\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^3$ *peut s'écrire*

$$\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^3 = \frac{\varphi}{u(K_0 - \omega K_1)}$$

avec

$$K_0 = u[\varphi'(u^2 + \varphi) + u\varphi(2\alpha + f'')],$$
$$K_1 = u^2 - \varphi.$$

Ainsi, *dans le cas général, l'équation des lignes de courbure s'intègre par une quadrature de différentielle totale attachée à la surface* (ω, u, α) *du neuvième ordre :*

$$dz = \sqrt[3]{\frac{\varphi}{u(K_0 - \omega K_1)}}\left(du - \frac{u\varphi' + \omega}{2\varphi}\,d\alpha\right);$$

son groupe de rationalité est $z' = \varepsilon z + a$, $\varepsilon^3 = 1$.

4. Ce résultat simple ne s'est pas présenté le premier. La recherche de l'expression de K_0, K_1, R m'a conduit à

$$\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^3 = \frac{K_0 + \omega K_1}{4u^2\Sigma_1\Sigma_2},$$

où Σ_2, Σ_1 sont les produits respectifs des solutions particulières algébriques $u + \alpha(\alpha - a)$ et $u + (\alpha - b)(\alpha - c)$ et où l'on a posé

$$-4\varphi\Sigma_2 = \omega^2 - \sigma_2^2, \qquad -4u\alpha^2\Sigma_1 = \omega^2 - \sigma_1^2,$$
$$2\alpha(K_0 + \omega K_1) = (\omega^2 + \sigma_1)(\omega - \sigma_2).$$

On retrouve aisément comme cas limite le résultat obtenu par M. Darboux. L'étude de cette question et de quelques autres, en particulier des relations qui lient les coordonnées $(\alpha, \beta, \alpha', \beta')$ de M. Darboux aux coordonnées elliptiques (W. Roberts), fera l'objet d'un travail étendu qui sera publié ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution fondamentale des équations aux dérivées partielles du type parabolique.* Note de M. J. **Hadamard**, présentée par M. Émile Picard.

On connaît, pour l'équation de la chaleur à une dimension

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial y}, \tag{1}$$

une quantité qui joue le rôle de solution fondamentale et intervient comme telle dans tous les problèmes relatifs à l'intégration de l'équation: c'est l'expression

$$u_0 = \frac{1}{\sqrt{y}} e^{-\frac{x^2}{4y}}. \tag{2}$$

On peut se proposer de trouver une fonction jouissant de propriétés analogues pour l'équation parabolique générale à deux variables

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu = 0. \tag{3}$$

A cet effet, il convient de réduire l'équation non à la forme canonique habituellement employée ($a = c = 0$), mais à la suivante

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial u}{\partial y} = c_1 u, \tag{3'}$$

ce à quoi l'on arrive par un changement de variable x et d'inconnue[1].

Il suffira ensuite d'intégrer les équations successives

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} - \frac{\partial u_1}{\partial y} = c_1 u_0,$$
$$\frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} - \frac{\partial u_2}{\partial y} = c_1 u_1,$$
$$\dots\dots\dots\dots,$$
$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} - \frac{\partial u_i}{\partial y} = c_1 u_{i-1},$$
$$\dots\dots\dots\dots,$$

avec les conditions $u_1(x, 0) = u_2(x, 0) = \ldots = u_i(x, 0) = \ldots = 0$, par la

(1) Le coefficient b est, ici, supposé négatif.

for,mule connue

$$u_i(x,y) = \frac{-1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^y dy_1 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{y-y_1}} e^{-\frac{(x-x_1)^2}{4(y-y_1)}} c_1(x_1, y_1)\, u_{i-1}(x_1, y_1)\, dx_1,$$

u_0 désignant encore la quantité (2).

Moyennant des hypothèses très générales sur l'ordre de grandeur de la quantité c_1 (et, par conséquent, de a, b, c) pour $x = \pm\infty$, la série

$$u = u_0 + u_1 + \ldots + u_i + \ldots,$$

dont les termes sont ainsi définis, est convergente : elle satisfait à l'équation (3') et peut d'autre part s'écrire

$$u = u_0 + v,$$

v restant fini au voisinage de la droite $y = 0$ (et s'annulant même avec y).

Dans le cas particulier où c_1 est un polynome, la méthode précédente donne u sous la forme

$$u = u_0 \mathrm{P},$$

où P est une série de polynomes qu'on peut différencier terme à terme.

Si l'on revient à l'équation générale (3) en tenant compte du changement de variable qui a servi à passer de celle-ci à l'équation (3'), on verra que la « solution fondamentale » de cette équation a pour partie principale, au voisinage de $y = 0$, la quantité

$$\frac{1}{\sqrt{y}} e^{-\frac{1}{4y}\left(\int_0^x \sqrt{-b}\,dx\right)^2},$$

et en diffère d'un terme additionnel continu et nul pour $y = 0$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences linéaires de coniques.*
Note de M. L. **Godeaux**, présentée par M. G. Humbert.

Désignons par *congruence de coniques* un système algébrique doublement infini de coniques de l'espace. L'ordre d'une congruence sera le nombre de ses coniques passant par un point arbitraire de l'espace; la classe sera le nombre de ses coniques dont les plans passent par une droite quelconque.

Les coniques s'appuyant en six points sur une courbe gauche C d'ordre $\lambda (\geqq 6)$ forment une congruence Γ; proposons-nous de déterminer C de telle manière que Γ soit linéaire (c'est-à-dire d'ordre 1).

La surface F, lieu des coniques de Γ dont les plans passent par un point fixe P, est d'ordre $2n+1$ [1], n étant la classe de Γ. Cette surface passe un certain nombre q de fois par la courbe C.

Une conique de Γ peut dégénérer en : 1° une sextisécante de la courbe C comptée deux fois; cette droite est simple pour la surface F; 2° une quadrisécante de C et une bisécante de cette même courbe, la quadrisécante est multiple d'ordre $\binom{\lambda-4}{2}$ pour F; 3° deux trisécantes de C ayant naturellement un point commun.

Deux surfaces analogues à F ont en commun, outre C et les quadrisécantes et sextisécantes de C, n coniques de Γ. Par suite, si C admet p_1 quadrisécantes et p_2 sextisécantes, on a

$$(1) \qquad (2n+1)^2 = 2n + \lambda q^2 + p_1\binom{\lambda-4}{2}^2 + p_2.$$

Une courbe de la congruence n'appartenant pas à F rencontre cette surface seulement en des points de C, donc

$$(2) \qquad 2n+1 = 3q.$$

L'élimination de q entre les équations (1) et (2) montre que λ peut seulement avoir les valeurs 8, 7 et 6.

Par des raisonnements géométriques basés sur les limites supérieures des nombres p_1, p_2, j'établis le théorème suivant :

Si les coniques s'appuyant en six points sur une courbe gauche forment une congruence linéaire, la courbe est :

1° *D'ordre huit, de genre trois et dotée de deux points triples. Les plans des coniques de la congruence enveloppent la surface lieu des bisécantes de la courbe s'appuyant sur la droite qui joint les deux points triples, la congruence est donc de classe quatre.*

2° *D'ordre sept, rationnelle et dotée de deux points triples. Les plans des coniques de la congruence enveloppent la surface du quatrième ordre lieu des droites s'appuyant sur la courbe, sur la droite joignant les deux points triples et sur l'unique quadrisécante de la courbe. La classe est égale à quatre.*

---

[1] *Su le congruenze lineari di coniche nello spazio* (*Rend. del R. Instituto Lombardo*, 2e série, t. XXVI, 1893).

3° *D'ordre sept et de genre cinq. Les plans des coniques passent tous par un point de la courbe et la congruence est de classe un.*

4° *D'ordre six et de genre deux. Les plans des coniques de la congruence passent par un même point de l'unique quadrisécante de la courbe et la congruence est de classe un.*

Les 2° et 4° apparaissent comme des cas particuliers des 1° et 3° respectivement. Les congruences ont d'ailleurs été rencontrées par M. Montesano (1), mais ce géomètre n'avait pas indiqué que c'étaient les seules congruences qui pouvaient se présenter.

En général, si les coniques s'appuyant en m_1 points sur une courbe C_1 d'ordre λ_1, ... et en m_k points sur une courbe C_k d'ordre λ_k

$$(m_1 + \ldots + m_k = 6)$$

forment une congruence linéaire, on a

$$(2n+1)^2 = 2n + \sum_{i=1}^{k} \lambda_i q_i^2 + x,$$

$$2(2n+1) = \sum_{i=1}^{k} m_i q_i,$$

q_i désignant la multiplicité de C_i pour la surface lieu des coniques de la congruence, dont les plans passent par un point fixe, n désignant la classe de la congruence et x désignant les intersections absorbées par les droites s'appuyant en m_1 points sur C_1, ..., en m_k points sur C_k, et par les droites s'appuyant en quatre points sur l'ensemble des courbes C_1, ..., C_k, de manière à pouvoir former des coniques de la congruence avec des droites s'appuyant en deux points sur l'ensemble C_1, ..., C_k.

Les équations précédentes conduisent à l'énumération des différentes congruences linéaires de coniques. Ainsi, si $k = 2$, $m_1 = 2$, $m_2 = 4$, on a

1° $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = 4, 5$ ou 6.

2° $\lambda_1 = 3$, $\lambda_2 = 5$.

3° λ_1 quelconque, $\lambda_2 = 4$.

Les raisonnements précédents s'étendent sans peine aux cas où les coniques sont remplacées par des courbes planes d'ordres quelconques.

(1) *Su i varii tipi di congruenze lineari di coniche dello spazio* (*Rendiconti della R. Accademia di Napoli*, 1895).

CHRONOMÉTRIE. — *Comparaisons radiotélégraphiques de chronomètres par la méthode des coïncidences entre Paris et Bizerte.* Note de MM. **Claude, Ferrié** et **Driencourt**, présentée par M. H. Poincaré.

I. Pour faire suite à nos précédentes Communications (¹), relatives aux comparaisons de chronomètres ou pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques, nous donnons ci-après les résultats des nouvelles expériences exécutées le mois dernier entre Paris et Bizerte à la demande du Bureau des Longitudes.

Indépendamment de l'intérêt qu'elles devaient présenter par rapport aux précédentes en raison de la distance plus grande des deux stations (1550^{km} au lieu de 600 qui est celle de Paris à Brest) et des troubles plus nombreux dans la réception des signaux, ces expériences offraient ceci de particulier que, les deux stations ne pouvant être reliées par téléphone, il n'y avait plus à compter sur les comparaisons téléphoniques pour en tirer des résultats d'une exactitude en quelque sorte absolue et que les comparaisons radiotélégraphiques devaient être conduites de manière à fournir elles-mêmes leur degré de précision.

Il fallait pour cela faire des signaux hertziens dans les deux sens, par conséquent disposer d'un pendule à battements radiotélégraphiques dans chaque station. Le pendule à seconde du poste de la Tour Eiffel qui avait servi jusque-là est d'un réglage assez délicat : le moindre boitement empêche de bien apprécier les coïncidences. Avec un pendule à demi-seconde muni d'un dispositif supprimant un battement sur deux, on n'aurait pas à effectuer ce réglage. On fit donc construire un instrument de ce genre pour Bizerte, et, afin d'avoir autant que possible symétrie d'émission dans les deux stations, on en fit faire un autre pour Paris. On combinait en même temps pour Bizerte une *planchette de longitudes* comprenant tous les appareils spéciaux : manipulateur à turbine, relais, etc., de manière à n'avoir qu'à la placer sur une table à côté de celle qui porte les appareils nécessaires au service normal de la station et à ne pas gêner la mise en œuvre de ces derniers.

Le personnel de la mission, pour lequel les Ministres de la Guerre et de la Marine avaient accordé gracieusement toutes les autorisations nécessaires, comprenait : pour la station de Bizerte, M. l'ingénieur hydrographe en

---

(¹) *Comptes rendus*, séances des 7 février et 21 novembre 1910.

chef Driencourt; M. le commandant Ferrié et M. le lieutenant de vaisseau Gignon; pour la station de Paris, M. Claude, membre adjoint du Bureau des Longitudes; un des officiers attachés à la station de la Tour Eiffel et M. Pélissier, ingénieur hydrographe.

Les expériences commencées le 3 mars furent poursuivies jusqu'au 15.

Les pendules étaient réglés de manière à retarder de 1^s en 120^s environ et à donner par suite une coïncidence à peu près toutes les minutes avec les chronomètres à demi-seconde temps moyen. Les envois de signaux étaient faits par séries de 300 avec interruptions aux 60e, 120e, 180e, 240e et 300e, chacune d'elles permettant d'observer au moins quatre coïncidences. Les échanges se faisaient dans l'ordre suivant: Paris, deux séries; Bizerte, trois séries; Paris, deux séries. Ils avaient lieu entre 9^h et 10^h du soir et duraient environ 50 minutes.

A chacune des stations, deux observateurs notaient les coïncidences des battements du même chronomètre avec les battements radiotélégraphiques, comme dans les expériences précédentes. C'étaient MM. Claude et Pélissier, à Paris; MM. Driencourt et Gignon, à Bizerte.

Les comparaisons ont été obtenues en calculant, dans chaque station et pour chaque observateur, l'heure du chronomètre correspondant à une même interruption des battements du pendule au moyen de l'heure notée de la coïncidence la plus voisine, du nombre des battements radiotélégraphiques comptés entre cette coïncidence et l'interruption, et de la valeur moyenne en secondes du chronomètre d'un battement du pendule pour la série.

Il est donc bien et définitivement établi par ces dernières expériences que les comparaisons radiotélégraphiques par coïncidences sont susceptibles de fournir à moins de $0^s,01$ la différence des heures de deux instruments de mesure de temps, placés en deux points quelconques compris dans la portée d'une même station radiotélégraphique et qu'elles constituent la méthode à la fois la plus générale, la plus simple et la plus précise pour obtenir cette différence dans les déterminations des différences de longitudes.

II. La méthode précédente peut être en défaut lorsqu'il y a des décharges atmosphériques intenses et ininterrompues, comme c'est le cas la nuit durant l'hivernage dans les régions équatoriales. On sait qu'alors les émissions chantantes percent beaucoup mieux que les étincelles rares; mais elles ne permettent pas de faire des points comme ces dernières. Nous avons essayé d'utiliser ce genre d'émission, qui se répand de plus en plus, pour comparer des chronomètres par la méthode des coïncidences. Les expériences faites récemment à l'Observatoire de Montsouris avec la station de la Tour Eiffel, en employant comme signaux des traits d'une demi-seconde envoyés automatiquement par le pendule à demi-seconde, ont

montré que les comparaisons par coïncidences avec le commencement des traits, tout en étant moins précises que celles avec des points, sont susceptibles de fournir des résultats d'une exactitude encore très suffisante pour les déterminations de différences de longitude. L'erreur moyenne d'une comparaison isolée, dans les conditions de l'expérience, était $\pm \frac{1^s}{60}$.

En retranchant les heures ainsi calculées du chronomètre de Bizerte de celles du chronomètre de Paris se rapportant à la même interruption, on obtient quatre comparaisons correspondant aux combinaisons deux à deux des observateurs de Paris avec ceux de Bizerte. Les moyennes des comparaisons ont été faites par série et par couple d'observateurs en négligeant toutes celles marquées douteuses ou médiocres. L'inspection de ces nombres montrant qu'il n'existe pas d'équation personnelle appréciable entre les observateurs d'une même station, on a pu faire ensuite les moyennes générales par série.

De l'examen du Tableau de toutes ces moyennes, il résulte :

1° Que les écarts entre les comparaisons moyennes d'*une même série* correspondant aux quatre couples d'observateurs sont en général inférieurs à $0^s,01$ et le plus souvent de l'ordre de $\frac{0^s,01}{2}$;

2° Que, entre deux séries *du même envoi*, les écarts de comparaisons moyennes sont de l'ordre de $0^s,01$.

En interpolant graphiquement à l'aide des moyennes générales par série la comparaison faite avec les envois de Paris pour l'heure moyenne de celles faites avec les envois de Bizerte, la marche relative des deux chronomètres étant supposée constante durant les échanges, on a obtenu les valeurs suivantes de la différence :

Comparaison par les envois de Bizerte — Comparaison par les envois de Paris pour les différentes soirées.

Dates.	Différences.
	s
Mars 6	+0,007
» 7	+0,017
» 8	+0,010
» 9	+0,014
» 10	+0,027
» 11	+0,020
» 12	+0,008
» 13	+0,017
» 14	+0,022

La moyenne pondérée des quatre différences qui méritent le plus de

confiance est $+ 0^s,013$. Ce nombre, s'il était exact, représenterait la somme des durées de propagation des ondes hertziennes de Paris à Bizerte et de Bizerte à Paris, soit $0^s,010$, augmentée de la différence des temps perdus moyens des appareils récepteurs des deux stations, qui serait ainsi de $0^s,003$. En retranchant $0^s,013$ de toutes les différences, on aurait les écarts réels des comparaisons faites avec les envois dans les deux sens. Or tous ces résidus, sauf celui du 10, sont inférieurs à $0^s,01$.

OPTIQUE. — *Franges d'interférence d'une source linéaire.* Note de M. C. Raveau.

1. Le théorème fondamental que j'ai démontré (1) paraît épuiser les conséquences qu'on peut atteindre en partant de la notion géométrique de *rayons moyens* introduite par Macé de Lépinay et M. Fabry (2). La considération des rayons lumineux eux-mêmes, dont j'ai déjà signalé l'intérêt (3), va nous permettre de retrouver rapidement les faits connus et de découvrir des résultats nouveaux.

Problème. — Soit AA′ une droite bien déterminée, située dans la partie centrale du faisceau éclairant. Un rayon lumineux dirigé suivant AA′ est dédoublé par l'appareil interférentiel (4) en deux autres, qui, après avoir suivi des modifications différentes, que nous désignerons respectivement par I et II, émergent suivant CC′ et DD′. Nous supposerons qu'une source lumineuse linéaire AS, normale à AA′, se déplace le long de AA′ et tourne autour de son milieu A. Il s'agit d'étudier les franges qui se produisent, en lumière monochromatique, au voisinage des différents points de CC′, sur des plans d'observation approximativement normaux à CC′.

---

(1) *A. F. A. S. Grenoble*, 1904, p. 460, et *Précis d'Optique*, publié d'après l'Ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll (Gauthier-Villars), t. I, p. 215.

(2) *Théorie générale de la visibilité et de l'orientation des franges d'interférence* et *Thèse de Doctorat*, première Partie, Chap. III, et deuxième Partie.

(3) *Société française de Physique*, 1901, p. 40*, et Drude, p. 212.

(4) Les miroirs de Jamin sont le type de l'appareil qui fournit le dédoublement dont nous parlons. Pour un appareil à anneaux de Newton, nos considérations ne s'appliquent directement qu'aux deux premiers rayons que fait intervenir seuls la théorie élémentaire. Pour les miroirs de Fresnel on imaginera, si le rayon I est engendré par la réflexion de AA′ sur l'un des miroirs, que II provienne de la réflexion sur l'autre miroir prolongé, le premier étant enlevé.

2. Comme je l'ai remarqué, la visibilité est parfaite aux points où interfèrent des rayons issus de A, qui, au départ, sont normaux à AS. Les rayons II qui satisfont à cette dernière condition forment sensiblement à l'émergence un paraboloïde P_{II}^{A} qui contient DD' et qui admet comme génératrices du second système des perpendiculaires à DD'. Ce paraboloïde P_{II}^{A} est rencontré en deux points par CC'. Il y a donc sur tout rayon émergent deux points de visibilité parfaite (Fabry) (¹).

Soit AE...GC' le rayon qui vient interférer en C' avec CC'. Le plan CC'G, qui est perpendiculaire à la frange C'F', coupe le paraboloïde P_{II}^{A} suivant C'G et la perpendiculaire CG à DD'. Ainsi *la direction des franges, en l'un des points de visibilité situés sur un rayon* CC', *est normale à la perpendiculaire abaissée de l'autre point sur le rayon conjugué* DD'.

Il est clair que, si l'on se donnait une seconde source A'S', qui soit à AS et au rayon BB', duquel procède CC' par la voie II, dans la même relation que la frange CF est à C'F' et CC', elle engendrerait des franges ayant mêmes points C et C' de visibilité parfaite et même direction en ces points. Nous arrivons au théorème fondamental, qu'on peut énoncer : Il est possible en général de se donner arbitrairement deux des huit quantités suivantes : deux abscisses ou deux orientations de sources ou *de franges*. Les six autres sont alors déterminées.

Il n'est pas sans intérêt de démontrer directement les diverses propositions que contient ce théorème. Supposons donnés par exemple deux points sources A et A'. Tous les rayons II issus de A qui rencontrent CC', faisant partie d'un faisceau qui admet deux focales φ_1 et φ_2, constituent un hyperboloïde H_{II}^{A} (²). L'hyperboloïde $H_{II}^{A'}$, relatif à A', qui contient comme le premier le rayon CC', a avec lui deux plans tangents communs. C'est-à-dire que les rayons KC, K'C; GC', G'C' qui vont de A et de A' à l'un des deux points C et C' de visibilité parfaite, sont dans un même plan avec CC' et que par suite les franges de A et de A' ont même direction CF, C'F' en ces points. En démontrant que les rayons incidents AE, AE'; A'H, A'H' sont aussi dans un même plan avec AA', on retrouvera la relation entre AS, A'S' et BB'.

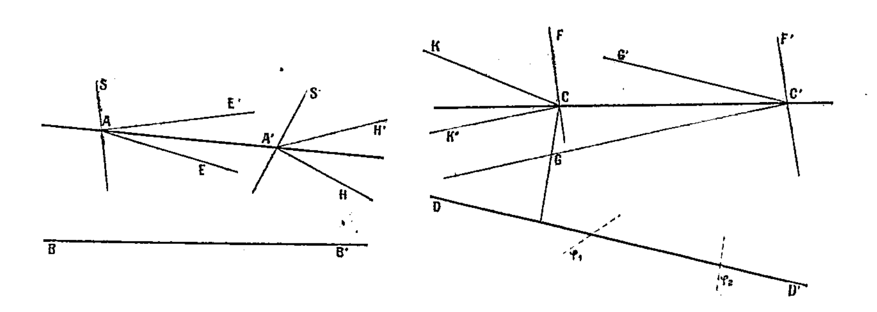
L'orientation des franges d'une source ponctuelle A le long de CC' est déterminée par les génératrices d'un paraboloïde (Fabry), normal, tout le long de CC', à H_{II}^{A}. Ce paraboloïde admet, comme génératrices du second système, des droites approximativement parallèles à φ_1 et φ_2 et par suite les génératrices du premier système sont approximativement des rayons I. On en conclut aisément que les quatre transversales

(¹) Macé de Lépinay perd de vue ce fait, lorsque, de l'existence de plus d'un point de visibilité, il conclut à la visibilité à toute distance (*Franges d'interférence*, p. 32).

(²) Le cône de rayons générateurs de cet hyperboloïde est du second degré; d'où résulte l'existence de deux points de visibilité pour une source linéaire donnée.

conjuguées AS, A′S′, CF, C′F′ sont rencontrées approximativement par les mêmes rayons I.

3. En dehors du rayon CC′, les points de visibilité parfaite sont encore sur le paraboloïde P_{II}^{A}, à son intersection avec le paraboloïde P_{I}^{A} qui procède du même faisceau plan de rayons incidents. Cette courbe est approximativement contenue, au voisinage de C, dans le plan tangent à P_{II}^{A}, lequel diffère peu de CGC′. Son orientation dans ce plan n'est pas nécessairement voisine de CG et nous concluons : *En dehors du point de visibilité parfaite, il n'y a en général, dans le plan d'observation, qu'une ligne de visibilité optima* et *cette ligne est, pour chacun des deux points de visibilité relatifs à une même source, approximativement normale à la direction de la frange qui passe par l'autre point.*



4. *Emploi d'une fente.* — Prenons maintenant une source plane normale à AA′ en A. Pour obtenir une frange C′F′, parfaitement nette en C′, il faudrait n'utiliser que des rayons provenant d'une bande étroite de la source, allongée suivant AS. Le faisceau des rayons I ainsi définis a pour section au voisinage de C une bande allongée suivant CF et celui des rayons II, une bande parallèle, dont le centre est en G. *La superposition n'est parfaite que* si CF vient en CG, c'est-à-dire *si* le point C′ est choisi de telle façon que *les deux systèmes de franges conjuguées* C′F′, CF *sont rectangulaires*. En dehors de ce cas, une partie de la lumière échappe à l'interférence.

En vertu du théorème de Malus, AS et A′S′ sont alors également rectangulaires et S vient sur BB′, ce qui est la condition pour que les rayons inverses I et II qui procèdent de rayons issus de C′ dans le plan CC′F se coupent au voisinage immédiat de AS.

Dans ce cas encore, une fente A′S′ ne laisse passer que de la lumière utile.

Cas exceptionnels. — Le paraboloïde d'orientation des franges se réduit à un plan et il n'est plus possible de se donner arbitrairement une source ponctuelle et une direction de frange, lorsque le point source a une image à travers l'appareil interférentiel (Fabry) ou *lorsque l'une des focales du faisceau II issu de ce point rencontre le rayon* CC'.

Le cas singulier, où CC' et DD' se rencontrent, mérite une étude spéciale.

PHOTOGRAPHIE. — *Photographies à couleurs changeantes.* Note de M. **Estanave**, présentée par M. Lippmann.

J'ai signalé [1] qu'on pouvait obtenir à l'aide de réseaux lignés horizontalement des photographies qui changent de sujet suivant le point de vision de l'observateur. Ces photographies en noir et blanc donnaient deux et même trois aspects différents et présentaient même, à cause de la persistance de l'impression sur la rétine, l'embryon d'un mouvement cinématographique. C'est ainsi que dans le cliché représentant une dame les yeux ouverts ou fermés, que j'ai produit à l'appui de cette Communication, on pouvait voir les paupières battre, les yeux s'ouvrir et se fermer.

L'objet de cette Note est de signaler comment, à l'aide de réseaux à lignes encore horizontales mais colorées, on peut obtenir une photographie représentant le *même sujet*, mais avec des couleurs qui changent suivant l'angle d'observation. Ce n'est donc pas ici le sujet qui change, mais les couleurs de ce sujet. Et pour prendre une comparaison facile, on obtient ainsi une transformation de couleurs qui rappelle celle que le soleil imprime aux objets aux différentes heures de la journée.

Pour obtenir ce résultat nouveau, considérons un réseau à lignes horizontales colorées par exemple en trois couleurs : rouge, verte et violette. Appliquons ce réseau contre l'émulsion d'une plaque panchromatique et photographions un sujet présentant des couleurs vives, des fleurs par exemple, en ayant soin de placer le réseau de façon que les rayons lumineux traversent ce réseau trichrome avant d'atteindre la couche sensible. Nous aurons, après développement et inversion de l'image, une représentation du sujet en noir et blanc. Cette image se trouve lignée et présente en quelque sorte des hachures horizontales.

Si l'on pouvait replacer le réseau trichrome sur la plaque exactement dans la position qu'il occupait dans le tirage, on obtiendrait la représentation du sujet avec ses

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 93.

couleurs; c'est là le principe de photographie des couleurs, à écran trichrome, utilisé par Joly.

Mais si l'on dépose ce réseau trichrome, non plus sur la plaque, mais à une certaine distance de celle-ci, en ayant soin toutefois que les lignes du réseau soient parallèles à celles de l'image, on constate que, suivant l'inclinaison du cliché, les différentes parties du sujet se colorent diversement. Ceci s'explique par ce fait que, grâce à l'effet parallactique, la fleur dessinée sur la plaque est vue successivement derrière des lignes rouges, vertes ou violettes, suivant l'inclinaison du cliché. Mais pendant que cette fleur passe du rouge au violet, une autre qui était primitivement observée à travers des lignes violettes sera maintenant vue à travers des lignes vertes.

En faisant pivoter le cliché dans le même sens, les couleurs changent périodiquement et après une inclinaison convenable on retrouve les couleurs déjà aperçues.

Ce phénomène qui, au premier examen, offre une certaine originalité, était un obstacle à la réalisation de la photographie des couleurs par la trichromie, et c'est pourquoi on a rendu dans les divers procédés le filtre ligné, quadrillé ou constitué par des grains colorés solidaires de l'émulsion.

PHYSIQUE. — *Thermo-diffusion*. Note de M. **Aubert**, présentée par M. Lippmann.

L'étude, au moyen de l'appareil que j'ai décrit dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 1909), du phénomène de thermo-diffusion découvert par M. Lippmann (*Comptes rendus*, 1907, 2e semestre, n° 2) conduit à classer les membranes en deux catégories : les membranes inactives (terre poreuse, collodion perméable) et les membranes actives.

Cette dernière catégorie se subdivise elle-même en deux groupes, comme cela se produit en osmose électrique :

1° Les parois pour lesquelles le courant liquide est de même sens que la chute de température;

2° Celles pour lesquelles le courant est de sens inverse.

Dans le premier groupe, se rangent les celluloses ayant subi l'action soit des acides, soit des bases (parchemin végétal, viscose). Dans le deuxième, on trouve les membranes d'origine animales (vessie de porc, baudruche, parchemin, etc.) et les cellules végétales (pomme de terre, carotte).

Les liquides pour lesquels j'ai pu mettre en évidence l'existence du phénomène sont l'eau et les alcools méthylique, éthylique, amylique et isobutylique.

L'intensité i du courant qui traverse le rhéostat chauffant étant maintenue

fixe, c'est-à-dire la différence de température $T_2 - T_1$ entre les deux faces de la membrane restant invariable, ainsi que la différence de pression entre les deux couches liquides, le courant fluide ne reste pas constant. En général, le débit D part d'une valeur initiale D_0, passe ensuite par un minimum D_m, croît ensuite, passe par un maximum $D_M < D_0$, puis diminue alors indéfiniment les débits décroissant en progression géométrique quand les temps croissent en progression arithmétique. Pour le parchemin et l'alcool méthylique par exemple, si $i = 0^{amp},76$, $D_0 = 40^{div}$, $D_m = 14^{div}$, $D_M = 20^{div}$.

Le rapport R de deux débits successifs (l'unité de temps étant le quart d'heure) a en général une valeur voisine de 1 pour l'eau et R atteint 1,50 pour le parchemin et l'alcool méthylique.

C'est ainsi que pour la vessie de porc et l'eau, R est si voisin de 1 qu'au bout de 6 jours D n'a souvent subi que des variations insensibles, tandis qu'avec l'alcool méthylique la durée de vie d'une membrane n'est que d'environ 3 heures.

Le phénomène ayant cessé, si après avoir renouvelé le liquide dans l'appareil on abandonne le système à lui-même pendant une vingtaine d'heures et qu'on rétablisse la différence de température $T_2 - T_1$, le courant liquide se produit à nouveau, mais le nouveau débit initial est considérablement plus faible qu'avec une membrane neuve, $\frac{1}{10}$ très souvent. Il semble donc que l'activité de la membrane soit liée aux substances solubles qu'elle contient. C'est ce que l'expérience vérifie. Si l'on épuise des membranes de parchemin ou de vessie de porc par un liquide L quelconque, elles deviennent inactives pour L.

Il est possible de faire l'expérience inverse. Le collodion perméable est inactif, mais si l'on en coule une pellicule en ayant soin d'ajouter à l'alcool 1^g pour 100 d'acétate de potassium ou d'azotate d'ammonium, la membrane ainsi obtenue devient active, mais à l'inverse des membranes animales c'est pour l'alcool éthylique, R est voisin de 1.

PHYSIQUE. — *Sur l'écartement des particules ultramicroscopiques produit par des chocs sonores très rapides.* Note de M. **Walter König**, présentée par M. Lippmann.

Dans deux Communications précédentes (*Comptes rendus*, 20 mars et 3 avril 1911), M. Lifschitz seul et MM. Henri et Lifschitz ont décrit des observations très intéressantes sur l'effet des chocs sonores, très rapides

sur des suspensions ultramicroscopiques de fumée ou de chlorhydrate d'ammonium. Quand le choc produit par l'étincelle d'une décharge oscillante d'un condensateur atteint la suspension, on voit, à l'ultramicroscope, un écartement brusque des particules dans des sens les plus différents. La cause de cette action mécanique, je crois en être sûr, c'est la même que celle des écartements et arrangements des poussières dans un tube de Kundt, c'est-à-dire la force hydrodynamique, ou mieux aérodynamique, étudiée par M. V. Bjerknes, qui se produit par la présence des corps solides dans une masse, d'un fluide agité par un mouvement oscillatoire. J'ai traité en détail le jeu de ces forces dans des Mémoires intitulés *Hydrodynamisch-akustische Untersuchungen*, publiés il y a 20 ans dans les *Annales de Wiedemann* (t. LII, 1891). Je veux donner ici un résumé précis des résultats de ces travaux.

Pour simplifier le calcul la forme des corps solides qui se trouvent au sein du fluide est supposée sphérique. M. Bjerknes a traité le cas des sphères oscillantes dans un liquide parfait; il a démontré l'existence des forces, qui ont le caractère des forces agissant à distance d'une sphère à l'autre. J'ai utilisé les résultats de Bjerknes pour le problème inverse, c'est-à-dire pour le cas des sphères immobiles dans un liquide animé d'un mouvement oscillatoire égal pour la masse entière du liquide. J'ai développé les formules suivantes pour les composantes de la force apparente qui se produit dans le cas de deux sphères, dans un liquide de densité μ; soient R et R' leur rayon, r la distance de leurs centres; le mouvement du liquide est supposé ondulatoire, sa vitesse $w = w_0 \cos \frac{2\pi t}{T}$, et dirigée parallèlement à l'axe des Z. Enfin, soit Θ l'angle que fait la ligne joignant les centres des deux sphères avec l'axe de Z. Alors la force exercée par une sphère sur l'autre a pour composantes :

$$X = -\frac{3}{2}\pi\mu \frac{R^3 R'^3}{r^4} w_0^2 \sin\Theta(1 - 5\cos^2\Theta), \qquad Z = -\frac{3}{2}\pi\mu \frac{R^3 R'^3}{r^4} w_0^2 \cos\Theta(3 - 5\cos^2\Theta).$$

La composante perpendiculaire au plan, qui contient l'axe des Z et les centres des sphères, est nulle.

La force est répulsive pour $\Theta = 0$, attractive pour $\Theta = 90°$. Pour les angles intermédiaires la force n'a pas la direction de centre à centre, mais elle fait un angle φ avec cette ligne. En conséquence, les deux sphères tendront à se mouvoir l'une autour de l'autre, comme pressées par un couple de forces. L'angle φ est $\frac{\pi}{2}$ pour $\Theta = 54°\frac{3}{4}$. Pour tous les valeurs moindres de $54°\frac{3}{4}$, l'angle φ est plus grand que $\frac{\pi}{2}$ et la force a une composante répulsive; pour toutes les valeurs plus grandes que $54°\frac{3}{4}$, l'angle φ est moindre de $\frac{\pi}{2}$ et la force a une composante attractive.

Considérons la figure qui donne les trajectoires des particules photo-

graphiées en voie cinématographique par MM. Henri et Lifschitz. La plupart des particules sont arrangées en doublets. On en trouve deux qui s'approchent, deux autres qui s'éloignent, et la ligne centrale des dernières est perpendiculaire à celle des premières. Pour toutes les autres, les lignes centrales sont inclinées sous des angles différents et toujours les forces se présentent en forme de couples. Ce sont les tourbillons de MM. Henri et Lifschitz. Tout cela est conforme à la théorie précédente. Néanmoins il y a des irrégularités. Mais un accord complet n'est pas possible, parce que la vitesse de chaque particule est la composante de la vitesse qui lui est imprimée par la force aérodynamique et de la vitesse du mouvement brownien, qu'elle a au moment du choc.

Je crois utile de réfuter l'objection suivante. Les forces hydrodynamiques ne se produisent que par une différence des mouvements du liquide et des corps solides. Si les particules solides sont si petites qu'elles flottent dans l'air, cette différence existera-t-elle? J'ai discuté, dans le premier de mes Mémoires cités plus haut, le mouvement oscillatoire qui sera imprimé à une sphère solide par le mouvement oscillatoire du liquide ambiant. Dans un liquide parfait, le rapport des amplitudes de la sphère et du liquide est une fonction seule du rapport des densités μ' de la sphère et μ du liquide. Mais, dans un liquide visqueux, le rapport des amplitudes est une fonction non seulement des densités, mais aussi du coefficient k de viscosité, de la durée T des vibrations et du rayon R de la sphère. La fonction a la forme

$$\frac{\text{amplitude de la sphère}}{\text{amplitude du liquide}} = \sqrt{\frac{1+3b+\frac{9}{2}b^2+\frac{9}{2}b^3+\frac{9}{4}b^4}{a^2+3ab+\frac{9}{2}b^2+\frac{9}{2}b^3+\frac{9}{4}b^4}}$$

ou

$$a = \frac{2\mu'+\mu}{3\mu} \qquad \text{et} \qquad b = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{kT}{\mu\pi}}.$$

Pour un corps solide dans l'air, a est toujours très grand. Le rapport des amplitudes sera donc presque égal à l'unité, si b a des valeurs très grandes comparé avec $\sqrt{a}$, et presque nul, si b est petit. Quand on a des particules assez petites pour flotter dans le liquide, R est très petit et b sera très grand pour des valeurs de T de l'ordre des sons musicaux. Dans ces conditions, les particules participent presque complètement au mouvement du fluide et la production des forces hydrodynamiques ne sera pas possible. Mais, dans les expériences de MM. Henri et Lifschitz, la petitesse des particules est compensée par la petitesse de T. Les particules de 1^{μ} et même de $0^{\mu},1$ ne sauraient guère suivre les vibrations si rapides, provoquées par la décharge d'un condensateur. En conséquence, il y a des différences de mouvement entre le corps solide et le liquide et par suite des forces hydrodynamiques.

Enfin, la grandeur de ces forces dépend du carré de la vitesse du liquide.

Pour le même état initial du condensateur, la vitesse de l'air dans les vibrations sonores variera avec la rapidité des oscillations électriques. En conséquence, les forces et ensuite les écartements observés sont d'autant plus grands que les oscillations sont plus rapides. C'est justement ce qu'ont observé MM. Henri et Lifschitz, et ce fait confirme de nouveau, je crois, les points de vue développés dans cette Note.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation sur une ligne télégraphique du courant dû à une force électromotrice constante.* Note de M. **Pomey**, présentée par M. H. Poincaré.

Soient l la longueur de la ligne; ρ, γ, λ, σ la résistance, la capacité, la self-induction, la perte par unité de longueur; E_0 la force électromotrice constante introduite dans la branche de pile à l'époque $t = 0$; R', L', C' la résistance, la self-induction et la capacité du condensateur qui la coupe, de la branche de pile; R'', L'', C, les grandeurs correspondantes de la branche du récepteur. La branche de pile et celle de réception sont mises à la terre à leurs extrémités. Il s'agit de déterminer le potentiel V et l'intensité I du courant en un point situé à une distance x de l'origine de la ligne et à l'époque t.

Les équations courantes sont :

$$-\frac{\partial V}{\partial x} = \rho I + \lambda \frac{\partial I}{\partial t}, \qquad -\frac{\partial I}{\partial x} = \gamma \frac{\partial V}{\partial t} + \sigma V.$$

Soient I' et V', I'' et V'' ce que deviennent I et V pour $x = 0$ et $x = l$, respectivement; on aura, pour $x = 0$,

$$\frac{dE}{dt} - \frac{\partial V'}{\partial t} = L' \frac{\partial^2 I'}{\partial t^2} + R' \frac{\partial I'}{\partial t} + \frac{1}{C'} I'$$

et, pour $x = l$,

$$\frac{\partial V''}{\partial t} = L'' \frac{\partial^2 I''}{\partial t^2} + R'' \frac{\partial I''}{\partial t} + \frac{1}{C'} I''.$$

De plus, comme on part du repos, on aura $V = 0$, quel que soit x, pour $t = 0$; on aura aussi $\frac{\partial V'}{\partial t} = 0$, quel que soit x, pour $t = 0$.

Supposons d'abord $E = E_0 e^{i\omega t}$; soient $V = U$ et $I = J$ la solution isochrone en régime permanent; posons

$$a = \sqrt{(\rho + \lambda\omega i)(\sigma + \gamma\omega i)}$$

et

$$Z=\sqrt{\frac{\rho+\lambda\omega i}{\gamma\omega i+\sigma}},\qquad Z_0=R'+\left(L'\omega-\frac{1}{C'\omega}\right)i,\qquad Z_1=R''+\left(L''\omega-\frac{1}{C''\omega}\right)i,$$

$$\Delta=(Z^2+Z_0Z_1)\,\mathrm{sh}\,al+Z(Z_0+Z_1)\,\mathrm{ch}\,al.$$

On pourra écrire, comme on sait,

$$U=\frac{EZ}{\Delta}[Z\,\mathrm{sh}\,a(l-x)+Z_1\,\mathrm{ch}\,a(l-x)],$$

$$J=\frac{E}{\Delta}[Z\,\mathrm{ch}\,a(l-x)+Z_1\,\mathrm{sh}\,a(l-x)].$$

Si l'on change le signe du radical devant a et Z simultanément, les expressions de U et J ne changent pas; ces fonctions n'ont donc pour points critiques que des pôles.

Si je remarque qu'on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int E_0\,e^{i\omega t}\frac{d\omega}{\omega}=E_0,$$

le contour d'intégration entourant l'origine, j'aurai la solution correspondant à une force électromotrice constante E_0 en ajoutant les solutions relatives aux forces électromotrices élémentaires $\frac{E_0}{2\pi i}e^{i\omega t}\frac{d\omega}{\omega}$; mais pour avoir la solution à partir du repos, le contour d'intégration sera choisi de façon à contenir à son intérieur toutes les racines de $\Delta=0$.

La solution sera

$$V=\frac{1}{2\pi i}\int\frac{U}{\omega}d\omega,\qquad I=\frac{1}{2\pi i}\int\frac{J}{\omega}d\omega.$$

Or on démontre que, lorsqu'une valeur de $i\omega$ annule Δ, elle est négative ou à partie réelle négative, comme il est d'ailleurs nécessaire pour la stabilité de l'équilibre dans l'état de repos. De plus, l'examen de l'équation $\Delta=0$ permet de reconnaître que cette équation a une infinité de racines dont les modules vont en croissant, mais qu'il est possible de trouver une série discrète de circonférences, ayant leur centre à l'origine, de rayon infiniment grand et passant entre les affixes de ces racines. Je prendrai alors comme contour d'intégration l'axe des quantités réelles, en évitant l'origine qui sera laissée en dessus, puis une demi-circonférence au-dessus de l'axe des quantités réelles dans la série considérée. L'intégrale prise le long de la demi-circonférence est nulle, parce que la valeur asymptotique de V est $E_0\frac{Z}{Z-Z_0}e^{i\omega(t+x\sqrt{\gamma\lambda})}$; on peut prendre le signe du radical devant a de façon

que sa valeur principale soit $i\omega\sqrt{\gamma\lambda}$. Le long d'une demi-circonférence de la série considérée, dans la partie inférieure à l'axe des quantités réelles, la valeur asymptotique de V serait $E_0 \frac{Z}{Z+Z_0} e^{i\omega(t-x\sqrt{\gamma\lambda})}$ et l'intégrale correspondante serait nulle pour $t=0$ ou plus généralement pour $t < x\sqrt{\gamma\lambda}$. Si l'on complète par cette demi-circonférence le contour qui comprend déjà l'axe des x, on voit que pour $t=0$ ou $(t < x\sqrt{\gamma\lambda})$, l'intégrale qui donne V est nulle, puisqu'il n'y a aucun pôle à l'intérieur de ce contour. On a donc, pour $t=0$ ou $t < x\sqrt{\gamma\lambda}$, $V=0$.

Si l'on considère de même la fonction J, sa valeur asymptotique sera $\frac{E_0}{Z-Z_0} e^{i\omega(t+\sqrt{\gamma\lambda}x)}$; si ω reste au-dessus de l'axe des quantités réelles; et $\frac{E_0}{Z+Z_0} e^{i\omega(t-x\sqrt{\gamma\lambda})}$, si ω reste au-dessous de cet axe. On en conclut que I est nul pour $t=0$, quel que soit x ou plus généralement pour $t < \sqrt{\gamma\lambda}.x$. Il faut donc que $\frac{\partial I}{\partial x}$ soit nul pour $t=0$ et, comme on a alors $V=0$, il en résulte $\frac{\partial V}{\partial t}=0$, quel que soit x pour $t=0$. La solution envisagée correspond donc au cas où l'on part du repos.

On pourra développer cette solution en série en prenant la somme des résidus. Le résidu pour $\omega=0$ est la solution de régime permanent; la tête du courant se propage avec une vitesse $\frac{1}{\sqrt{\gamma\lambda}}$.

PHYSIQUE. — *Les déterminations des grandeurs moléculaires.* Note de M. **Jean Perrin**, présentée par M. J. Violle.

Des phénomènes bien différents ont permis d'atteindre les grandeurs moléculaires, et la convergence des résultats a justifié l'introduction de ces grandeurs dans la science. Des écarts qui vont jusqu'à 20 pour 100 subsistent pourtant. Peut-être les remarques suivantes aideront-elles à les faire disparaître.

1. Une méthode célèbre consiste à chercher la charge des particules microscopiques en suspension dans un gaz. Elle fut employée dès 1898 par Townsend (nuages des gaz de l'électrolyse) et par J.-J. Thomson (gouttelettes condensées par la détente d'air ionisé). On déterminait : 1° le rayon

moyen des gouttes, par application de la *loi de Stokes* (¹) à la vitesse de chute du nuage; 2° le poids de ce nuage; 3° sa charge (supposée également répartie entre les gouttes). Les valeurs obtenues, comprises entre 2.10^{-10} et 6.10^{-10} (unités électrostatiques C. G. S.), étaient bien de l'ordre de grandeur prévu pour la *charge de l'électron* par la théorie cinétique.

Harold A. Wilson améliora la méthode en faisant agir un champ électrique sur le nuage. Les vitesses de chute avant et pendant cette action donnent, pour exprimer la loi de Stokes, deux moyens qui fixent le rayon et la charge. Les résultats sont : $3,1.10^{-10}$ (Wilson, 1903); $4,06.10^{-10}$ (Millikan, 1908); $4,7.10^{-10}$ (Begeman, 1911).

Enfin, simultanément (1910), Millikan et Ehrenhaft réussirent à appliquer le procédé de Wilson, non plus à un nuage entier, mais à une seule particule, individuellement suivie au microscope.

2. Ehrenhaft, opérant sur des poussières (obtenues par étincelle entre métaux), s'est cru forcé, à sa grande surprise, de ne laisser à l'électron qu'une signification statistique. Il trouve en effet toutes les charges possibles depuis 1.10^{-10}, sans que même cette valeur paraisse définir une limite (résultats confirmés par Przibram sur diverses fumées).

Mais une grande incertitude porte sur la structure des poussières qu'Ehrenhaft assimile sans preuve suffisante à des sphères pleines et homogènes. Je pense que ce sont plutôt des éponges, à structure infiniment déchiquetée, de densité moyenne très faible, frottant bien plus que des sphères contre le gaz, et auxquelles la loi de Stokes n'est pas applicable. J'en vois la preuve dans le fait, signalé par Ehrenhaft lui-même, que beaucoup de ces poussières, pourtant ultramicroscopiques, n'ont pas de mouvement brownien appréciable. Pour des sphères pleines, ce fait, auquel on n'a pas pris garde, serait au moins aussi surprenant que la subdivision de l'électron. On n'admettra pas volontiers deux anomalies surprenantes, qu'une objection immédiate fait disparaître en même temps.

3. Millikan, opérant, lui, sur des gouttes (obtenues par pulvérisation d'un liquide), a vérifié directement, dans ce cas, la structure atomique de l'électricité : il a vu souvent, en effet, la charge d'une goutte varier

---

(¹) « La force constante F (ici le poids) qui imprime une vitesse uniforme v, dans un fluide de viscosité ζ, à une sphère de rayon a, est égale à $6\pi\zeta a v$. ». Une correction, notable pour les gaz, indiquée en 1910 par Cunningham, doit être faite quand a devient de l'ordre du libre parcours moléculaire dans le fluide.

pendant l'observation, mais de façon discontinue, par entrée ou sortie d'une même charge élémentaire. L'importance de ce fait est évidente. Mais je crois devoir faire des réserves au sujet de la valeur $4,9.10^{-10}$ qui, suivant Millikan, mesure à $\frac{1}{200}$ près cette charge élémentaire.

Cette valeur (comme toutes celles tirées des mesures faites sur gouttelettes) s'obtient par la loi de Stokes, dont on améliore l'application par la correction de Cunningham. Or cette loi, même ainsi corrigée, a été établie pour une sphère solide, et je ne crois pas qu'on puisse l'appliquer sans retouche à une goutte liquide. Considérons cette goutte quand, par exemple, elle descend : le frottement de bas en haut qu'elle subit le long de son équateur fait certainement remonter les couches périphériques, qui redescendent par l'intérieur, dessinant grossièrement des tores. La goutte est donc le siège d'une circulation incessante, les particules axiales descendant plus vite, et les particules équatoriales moins vite, que le centre de gravité, ce qui doit faire intervenir la viscosité du liquide. *La correction peut être importante et il faut, ou la calculer, ou reprendre les mesures sur des sphères solides homogènes.*

4. D'autres déterminations, issues des beaux travaux de Rutherford, se fondent sur la numération des projectiles positifs qui forment les rayons α des corps radioactifs. Cette numération faite, il suffit de mesurer : *ou la charge positive rayonnée*, ou la quantité de radium disparue, ou le volume d'hélium apparu, ou la chaleur dégagée. Rutherford et Geiger ont regardé comme la plus probable (l'erreur ne devant pas atteindre 10 pour 100) la valeur $4,65.10^{-10}$ qu'ils ont obtenue par la première de ces méthodes (1908), parce que toutes les mesures se rapportaient à un même échantillon actif, ce qui évitait des comparaisons incertaines.

Je ferai observer que dans cette méthode, *on admet implicitement que toute la charge accusée par le récepteur est portée par les projectiles α*. Or cela n'est pas sûr, et voici, en particulier, une cause d'erreur : l'explosion qui lance dans un sens un projectile α, lance en sens inverse le reste α' de l'atome radioactif, qui peut entraîner aussi avec lui une charge positive (fait vérifié par Makower dans le recul du radium A). Ces rayons α', peu pénétrants, ne pouvaient agir avec le dispositif de Rutherford et Geiger, où un mince diaphragme sépare le corps actif et le récepteur. Mais ils ont dû agir dans le dispositif par lequel Regener (1910) a voulu augmenter la précision de ces expériences, car toute chance d'arrêt des rayons α' y semble supprimée. Le soin extrême apporté par Regener à la numération des pro-

jectiles α permet du moins d'affirmer que la charge de l'électron doit être inférieure, d'une quantité inconnue, à la valeur $4,8.10^{-10}$ qu'il regarde comme exacte à 3 pour 100 près.

5. Enfin l'existence du mouvement brownien m'a fourni d'autres déterminations, qui m'ont conduit (1908) à la valeur $4,1.10^{-10}$. J'ai, depuis, en éliminant diverses causes d'erreur, refait des mesures dont je donnerai prochainement le détail. Le résultat, que j'ai communiqué (avec plusieurs des remarques précédentes) au Congrès de Bruxelles (1910), diffère peu du premier, donnant pour l'électron la charge

$$4,24.10^{-10},$$

nettement inférieure à celle qu'on tendait à admettre dans ces derniers temps par suite des concordances, je crois accidentelles, qui se faisaient autour de la valeur de $4,8.10^{-10}$.

PHYSIQUE. — *La charge de l'électron.* Note de M. **Jules Roux**, présentée par M. J. Violle.

Il est facile d'obtenir, par simple pulvérisation d'un liquide, des gouttelettes qui, pour une raison inconnue, sont fréquemment chargées d'un signe ou de l'autre (Kelvin, J.-J. Thomson, de Broglie, Bloch, etc.). Millikan, appliquant à ces gouttes suivies isolément au microscope, la méthode imaginée par H.-A. Wilson pour déterminer la charge moyenne des gouttes qui forment un nuage, a pu montrer sur cet exemple de la façon la plus frappante la structure discontinue de l'électricité. Mais ces expériences si intéressantes présentent encore des incertitudes en ce qui regarde la détermination de la quantité indivisible, égale à la charge de l'électron, dont peut varier la charge de chaque goutte. Ces incertitudes se rapportent à l'application de la loi de Stokes.

L'une d'elles, qui m'a été signalée par M. Jean Perrin et qui m'a déterminé à entreprendre le présent travail, consiste dans l'extension de la loi de Stokes, établie pour des sphères rigides, à des gouttes liquides. J'ai constaté en effet, dans des recherches préliminaires, qui seront ultérieurement publiées, que la loi de Stokes conduit à de très fortes erreurs quand on l'applique à des gouttes dont le diamètre est de l'ordre du quart de millimètre. Une erreur était conséquemment possible, même pour des gouttes microscopiques.

J'ai donc repris les expériences de Millikan, en suivant exactement son dispositif, mais avec des gouttes obtenues par pulvérisation de soufre liquide. Ces gouttes ne cristallisent pas en général, et, restant sphériques, sont cependant pratiquement solides à la température ordinaire; examinées au microscope, elles ressemblent à des billes de verre jaune. Les observations sont très faciles, et l'on peut, comme dans les expériences de Millikan, suivre plusieurs heures au microscope une même sphère, qui descend sous l'action de la pesanteur, remonte sous l'action du champ électrique et, parfois, sous l'œil de l'observateur, gagne ou perd brusquement un électron.

Reste à appliquer à ces grains la loi de Stokes, corrigée par Cunningham. C'est en faisant ces calculs qu'il m'a semblé distinguer dans ceux de Millikan une seconde incertitude qui pour les petites gouttes devient très importante.

La loi de Stokes, corrigée par Cunningham, s'écrit en effet

$$F = 6\pi\zeta a v\left(1 + A\frac{L}{a}\right)^{-1},$$

où F désigne la force motrice, ζ la viscosité du fluide, a le rayon de la sphère, L le libre parcours moléculaire moyen, et A un coefficient numérique égal à 1,63 si les molécules d'air rejaillissent sur le grain qu'elles frappent (choc élastique), égal à 0,815 si elles ne rejaillissent pas (choc mou). Je ne pense pas que ce dernier cas doive être jamais pris en considération, pas plus qu'on ne l'admet entre deux molécules quelconques; même pour une goutte liquide, une fois l'état de régime atteint, il doit rejaillir autant de molécules qu'il en vient frapper la surface, sinon la goutte s'accroîtrait par dissolution d'air. Or Millikan admet, sans en donner de raison, que le choc est mou. Refaisant ses calculs, j'ai vu que s'il avait admis le choc élastique, il aurait trouvé, pour celles de ses gouttes où le rayon est de l'ordre du micron $4,4.10^{-10}$ et non pas $4,9.10^{-10}$.

A la vérité, pour des rayons plus grands, la correction de Cunningham, appliquée de façon ou d'autre, finit par devenir très petite, mais alors il devient probablement de plus en plus important d'avoir affaire à des sphères solides et non liquides.

Les déterminations que j'ai faites sur le soufre (le détail en sera donné ailleurs) me conduisent présentement, pour la charge de l'électron, à la valeur

$$4,17.10^{-10},$$

bien voisine de celle qui résulte de l'étude du mouvement brownien.

PHYSIQUE. — *Sur l'ionisation produite par le phosphore.* Note de M. A. Blanc, présentée par M. E. Bouty.

J'ai étudié l'ionisation produite par une couche mince de vaseline phosphorée (à 8 pour 100). Celle-ci est préparée en dissolvant le phosphore dans du sulfure de carbone et mélangeant à la vaseline fondue; elle est étendue en couche mince (de $0^{mm},25$ à 1^{mm}) sur une lame de laiton qui forme une des électrodes d'un condensateur plan contenu dans une boîte métallique fermée; l'autre électrode est reliée à l'électromètre.

Le sulfure de carbone qui reste dans la couche s'évapore très vite et il se produit une oxydation très intense, accompagnée de fumées abondantes. Cette oxydation intense est irrégulière; mais en laissant la vaseline à l'air libre les fumées disparaissent peu à peu et l'oxydation se ralentit : au bout d'un temps suffisant (une quinzaine d'heures), l'électrode portée dans le condensateur donne des phénomènes très réguliers.

L'oxydation, accompagnée de la formation d'ions des deux signes, se produit dans le voisinage de la surface, de sorte que, dans un champ électrique, les ions du signe contraire à celui de l'électrode qui porte la pâte s'accumulent dans l'épaisseur de celle-ci, en produisant un champ dirigé en sens contraire du champ principal : si l'on supprime le champ principal, le champ antagoniste subsiste seul et l'électromètre reçoit un courant de sens contraire à celui qu'il recevait d'abord. Il est donc impossible que des poussières, chargées du même signe que l'électrode par simple contact, puissent partir de la vaseline et venir compliquer les phénomènes. L'existence du champ antagoniste modifie la valeur totale du champ, mais ne change rien à l'ensemble des phénomènes.

Influence du champ sur l'oxydation. — L'oxydation du phosphore devient plus active dans le champ électrique : en effet il arrive souvent, avec une couche pas trop vieille, qu'un courant, très faible quand on vient d'établir le champ, prend brusquement une valeur très grande; en même temps les fumées, qui avaient complètement disparu, reparaissent. D'autre part la quantité d'ions accumulés dans l'épaisseur de la couche est d'autant plus grande que le champ est plus intense, tandis que le contraire devrait avoir lieu si la production des ions était constante. L'action du champ s'explique simplement par le fait qu'il enlève les ions, qui sont en même temps les produits de l'oxydation, à mesure qu'ils se forment, ce qui ne peut que favoriser l'oxydation. L'effet est naturellement d'autant plus important que

le champ est plus grand, et c'est ce qui permet d'expliquer l'allure des courbes qui représentent l'intensité en fonction du champ.

Variation de l'intensité en fonction du champ. — Avec une couche pas trop vieille, présentant une oxydation assez intense, non seulement il n'y a pas de tendance à la saturation, mais la courbe a une concavité très marquée du côté de l'axe des intensités, de sorte que *l'intensité augmente plus vite que ne le voudrait la loi d'Ohm.* Ceci ne peut s'expliquer que par l'augmentation avec le champ du nombre des ions émis par la surface active. D'ailleurs, pour chaque champ, il se produit une diminution lente de l'intensité, due à la fatigue de la pâte, fatigue d'autant plus rapide que le champ est plus grand.

A mesure que la vaseline s'épuise, l'effet produit par le champ s'atténue : la courbure de la courbe s'affaiblit et elle tend à devenir une ligne droite (c'est la forme observée pour le phosphore : Barus, Schmidt). Enfin, quand la couche vieillissant, l'oxydation devient très faible, *on obtient une courbe de saturation très nette ;* la saturation presque complète est obtenue pour des champs de l'ordre de 50 volts par centimètre.

Les mêmes phénomènes doivent se produire avec le phosphore en masse. C'est ce qui explique qu'on n'ait jamais pu obtenir la saturation quand on plaçait le phosphore dans le champ électrique (Barus, Schmidt), tandis que la saturation est très nette pour l'air qui a passé sur du phosphore (E. Bloch), bien que l'expérience ait montré que la mobilité des ions diminue à mesure qu'ils vieillissent. *C'est que lorsque le phosphore est placé dans le champ électrique, le nombre des ions produits dépend de l'intensité du champ.*

PHYSIQUE. — *Sur l'ionisation des vapeurs salines par un rayonnement corpusculaire.* Note de M. **Georges Moreau**, présentée par M. E. Bouty.

La conductibilité d'une flamme chargée d'un sel alcalin, mesurée entre deux électrodes de platine, croît sensiblement comme la racine carrée de la concentration de la vapeur saline. Elle varie peu avec le radical acide du sel et augmente avec le poids atomique du métal (1). Lorsque la cathode est recouverte d'un oxyde alcalino-terreux, susceptible de fournir un flux de corpuscules, la conductibilité est fortement accrue (2).

Les observations suivantes montrent que la loi des concentrations est

(1) Arrhenius, *Wied. Ann.*, 1891.
(2) Tufts, *Physik. Zeitsch.*, 1904.

toute différente et qu'à l'ionisation propre de la vapeur s'ajoute une dissociation beaucoup plus intense des molécules du sel par le choc des corpuscules émanés de l'oxyde.

I. Deux flammes de bec Bunsen A et B brûlent verticalement en contact de façon à constituer une large flamme. Dans la flamme A une petite lame rectangulaire de platine sert d'anode. Dans la flamme B, une lame de mêmes dimensions, parallèle à la première, sert de cathode. Elle est recouverte d'un léger dépôt de chaux dont les corpuscules sont lancés dans les flammes à l'incandescence.

On établit un champ invariable entre les deux électrodes, dirigé de A vers B. Ce champ n'est pas assez élevé pour provoquer l'ionisation des flammes par le choc des ions négatifs. On pulvérise dans la flamme anodique A, d'abord de l'eau pure, puis une solution aqueuse S d'un sel alcalin à concentration croissante et l'on note les deux courants δ et Δ correspondants. La différence $I = \Delta - \delta$ mesure le courant dû à la vapeur saline.

Exemple :

S est une solution d'iodure de potassium dans l'eau : la concentration C est évaluée en molécule-litre. I est exprimé en micro-ampères. I_0 est le même courant calculé par la formule (2) indiquée plus loin. Le champ = 23 volts : cm.

C............	$\frac{1}{4096}$	$\frac{1}{1024}$	$\frac{1}{512}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{2}$
I............	114	234	296	364	442	455
I_0............	114	216	294	369	460	462

Avec le même champ entre deux électrodes nues, la conductibilité de la flamme A, chargée avec la solution de concentration $\frac{1}{2}$ molécule-litre, ne dépasse pas 12 micro-ampères.

On voit que le courant I, proportionnel à la racine carrée de la concentration pour les flammes très faiblement concentrées, tend rapidement *vers une limite* J lorsque la concentration s'élève. La loi d'Arrhenius n'est donc plus suivie et la conductibilité est au moins 40 fois plus forte. Le phénomène reste le même, si, à champ égal, la cathode est rapprochée de la flamme salée et arrive en contact avec elle : les courants I sont simplement augmentés. On peut conclure que, sous l'action des corpuscules émis par la chaux, un plus grand nombre de molécules salines sont ionisées.

II. Des observations analogues ont été faites avec les différents sels alcalins et aussi avec les sels alcalino-terreux. Elles montrent que le courant limite J *varie peu* avec la nature du sel, à l'inverse de ce que l'on constate

avec les flammes sans rayonnement corpusculaire où l'influence du métal est notable.

Ainsi avec le même champ et des chlorures alcalins à une molécule par litre, la conductibilité de la flamme chargée du sel de sodium étant prise pour unité, on trouve :

Sels de...............	Rubidium.	Potassium.	Sodium.	Lithium.
Avec rayonnement........	1,2	1,36	1	0,8
Sans rayonnement........	12	6	1	0,4

III. L'explication du phénomène me paraît être la suivante :

Les corpuscules émis en une seconde par la chaux qui recouvre la cathode pénètrent dans la vapeur saline avec une force vive assez élevée pour ioniser les molécules qu'ils rencontrent. A la suite des chocs, cette force vive diminuant progressivement, on peut admettre que le nombre N des corpuscules actifs décroît quand l'épaisseur x de vapeur traversée augmente, suivant la loi exponentielle $N = N_0 e^{-\omega x}$, où ω est proportionnel à la concentration moléculaire de la vapeur. Si chaque corpuscule, avant de devenir inactif, ionise p molécules de sel, le nombre d'ions négatifs ou positifs produits par seconde est

$$(1) \qquad Q = pN_0(1 - e^{-\omega x}).$$

En tenant compte de la recombinaison des ions, pour un champ faible, le courant I doit être sensiblement proportionnel à la racine carrée de Q. Lorsque la concentration augmente, $e^{-\omega x}$ tend vers zéro, Q vers pN_0 et le courant I vers une limite J satisfaisant à la formule

$$(2) \qquad I^2 = J^2(1 - e^{-\omega x}).$$

Cette formule a servi au calcul des courants I_0 indiqués ci-dessus. Elle représente suffisamment bien les observations pour justifier l'hypothèse de l'ionisation des molécules salines par les corpuscules sortis de l'oxyde incandescent.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude de l'état d'isolement d'un réseau alternatif au moyen de voltmètres intercalés entre un pôle et la Terre.* Note de M. **F. Leprince-Ringuet**, présentée par M. Villard.

Soit un réseau alternatif polyphasé dont les pôles 1, 2, ..., N (neutre) présentent par rapport à la Terre des résistances d'isolement ohmiques R_1,

$R_2, \ldots, R_N$ et des capacités $C_1, C_2, \ldots, C_N$. V étant le voltage du réseau par rapport au neutre, soient $v_1, v_2, \ldots, v_N$ les voltages efficaces par rapport à la Terre.

Si l'on branche un voltmètre ou toute autre dérivation de résistance R et de self-induction L entre le pôle 1 et la Terre, v_1 devient V_1, que l'on peut lire sur le voltmètre.

Je me propose de chercher les relations qui unissent $V_1, V_2, \ldots$ aux constantes du réseau $R_1, R_2, \ldots, C_1, C_2, \ldots$.

I. *Application du théorème de Thévenin à un réseau polyphasé.* — Le théorème de Thévenin, établi pour le courant continu, s'écrit

$$\frac{V_1}{v_1} = \frac{R}{R+R'},$$

avec $\frac{1}{R'} = \sum \frac{1}{r}$ s'appliquant à tous les circuits existant entre les deux points 1 et Terre avant l'établissement de la dérivation.

Ce théorème s'étend au courant alternatif en remplaçant les quantités V et R par les vecteurs correspondants, et conduit à la relation

$$\frac{1}{m} = \left(\frac{V_1}{v_1}\right)^2 = \frac{\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\gamma^2}}{\left(\frac{1}{\rho} + \frac{\cos^2\varphi}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{R}\right)^2}, \tag{1}$$

dans laquelle on a posé

$$\frac{1}{\rho} = \sum \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_N} \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{\gamma} = \sum C_1\omega + C_N\omega,$$

relatifs à toutes les résistances de fuite et à toutes les capacités, et

$$\tan g\varphi = \frac{L\omega}{R}$$

relatif au voltmètre employé.

On voit que m est indépendant du pôle expérimenté.

II. *Relation entre les potentiels et les constantes du réseau.* — Si l'on exprime entre les vecteurs de courant et entre les vecteurs des potentiels les lois de Kirchhoff, ainsi que la composition des potentiels entre eux, et qu'on élimine les quantités relatives aux vecteurs de courant, on obtient les relations suivantes : 1° dans le cas du courant monophasé :

$$\frac{v_N^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\gamma^2}\right) = \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)^2 + \omega^2(C_2 - C_1)^2, \tag{2}$$

$$\frac{v_1^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\gamma^2}\right) = \left[\frac{1}{\rho} + \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)\right]^2 + \left[\frac{1}{\gamma} + \omega(C_2 - C_1)\right]^2, \tag{2'}$$

et de même v_2.

2° Dans le cas du courant triphasé :

$$(3)\quad \frac{v_N^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2}+\frac{1}{\gamma^2}\right) = \frac{1}{2}\left[\sum\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)^2+\omega^2\sum(C_1-C_2)^2\right]+2\sqrt{3}\,\omega\sum(C_1-C_2)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right),$$

$$(3')\quad \frac{v_1^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2}+\frac{1}{\gamma^2}\right) = \frac{1}{4}\left[\frac{2}{\rho}+\left(\frac{1}{R_3}-\frac{1}{R_1}\right)-\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)+\sqrt{3}\,\omega(C_2-C_3)\right]^2 + \frac{1}{4}\left[\frac{2}{\gamma}+\omega(C_3-C_1)-\omega(C_1-C_2)-\sqrt{3}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_3}\right)\right]^2,$$

et de même v_2 et v_3.

III. *Cas où les constantes du réseau peuvent être déterminées et cas d'indétermination.* — On voit aisément que les équations précédentes peuvent être satisfaites avec des valeurs arbitraires de R_N et C_N.

La raison en est qu'il suffit de connaître v_1, v_2 pour en déduire v_1, v_N.

On trouve en effet

$$(4)\quad \sum v_1^2 = n(V^2+v_N^2),$$

et, de plus, pour le courant triphasé,

$$(5)\quad \sum(v_1^2-v_2^2)^2 = 18\,V^2 v_N^2.$$

On ne pourra donc jamais, au moyen de voltmètres, déterminer la résistance et la capacité de chacun des pôles d'un système dont le neutre n'est pas isolé ; on pourra le faire, au contraire, s'il est isolé.

IV. *Calcul de* ρ *et de* γ. — En combinant les équations (4) et (6), on trouve

$$(6)\quad \frac{\Sigma V_1^2 - n V_N^2}{n V^2} = \frac{1}{m} = \frac{\dfrac{1}{\rho^2}+\dfrac{1}{\gamma^2}}{\left(\dfrac{1}{\rho}+\dfrac{\cos^2\varphi}{R}\right)^2+\left(\dfrac{1}{\gamma}-\dfrac{\sin\varphi\cos\varphi}{R}\right)^2}$$

du second degré en ρ et γ ; deux voltmètres permettant de les calculer.

V. *Calcul de* $R_1, R_2, \ldots, C_1, C_2, \ldots$ — Formons les fonctions $v_2^2-v_1^2$ et $(v_1^2-v_3^2)-(v_3^2-v_2^2)$, il vient :

1° Courant monophasé :

$$(7)\quad \frac{v_2^2-v_1^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2}+\frac{1}{\gamma^2}\right) = \frac{4}{\rho}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)+\frac{4\omega}{\gamma}(C_1-C_2).$$

2° Courant triphasé :

$$(8)\quad \frac{v_2^2-v_1^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2}+\frac{1}{\gamma^2}\right)=\frac{\sqrt{3}}{\rho}\left[\sqrt{3}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)-\omega(C_2-2C_3+C_1)\right] + \frac{\sqrt{3}}{\gamma}\left[\sqrt{3}\,\omega(C_1-C_2)+\left(\frac{1}{R_2}-\frac{2}{R_3}+\frac{1}{R_1}\right)\right];$$

$$(8')\quad \frac{v_1^2-2v_3^2+v_2^2}{V^2}\left(\frac{1}{\rho^2}+\frac{1}{\gamma^2}\right)=\frac{\sqrt{3}}{\gamma}\left[\sqrt{3}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)-\omega(C_2-2C_3+C_1)\right] - \frac{\sqrt{3}}{\rho}\left[\sqrt{3}\,\omega(C_1-C_2)+\left(\frac{1}{R_2}-\frac{2}{R_3}+\frac{1}{R_1}\right)\right].$$

Ces équations se combinent avec les équations (1). Elle montrent que, si l'on connaît α et γ, on peut aisément calculer R_1, R_2, ..., C_1, C_2, ... par des relations du premier degré.

VI. *Applications.* — *a.* La discussion de l'équation (1) montre notamment que, r étant la résistance ohmique du corps humain, si l'on a $\frac{R}{\cos^2\varphi} > r$, le voltage en V_1 sera toujours supérieur au voltage supporté par un individu touchant le pôle 1. D'où une méthode immédiate pour mesurer la sécurité d'une installation dont le neutre n'est pas à la Terre.

b. Des vérifications effectuées sur la formule (6) aux mines de Lens et de Liévin, il ressort que la méthode permet de déterminer avec précision :

1° La self-induction des appareils de mesure, à l'aide d'un circuit de résistance connue;

2° La capacité sous courant alternatif d'un circuit à haute résistance, très différente, comme l'on sait, de celle trouvée statiquement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la théorie cinétique à l'étude des phénomènes de catalyse.* Note de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Villard.

1. Lorsque deux récipients, renfermant un même gaz, communiquent l'un avec l'autre, les pressions, dans l'un et dans l'autre, sont toujours pratiquement égales. Cependant, il n'y a rien d'impossible à ce qu'elles deviennent différentes à un moment donné, ni même, pour aller tout de suite à l'extrême, à ce que la pression, dans l'un des récipients, devienne nulle, toutes les molécules de gaz se réunissant au même moment dans l'autre. Le fait est seulement peu probable, et la probabilité est d'autant

plus faible que les deux récipients sont plus grands : elle est absolument négligeable pour tous ceux dont nous pouvons nous servir, même les plus petits.

On voit par contre aisément que la probabilité est égale à $\frac{1}{2}$ quand les deux récipients sont assez petits pour ne contenir, en moyenne, qu'une molécule; ce qui arrivera (si la pression du gaz est la pression atmosphérique) lorsque ce seront des sphères de $4^{\mu\mu}$ de diamètre. Elle n'est pas encore négligeable pour des sphères de volume 10 fois plus grand, réunies par un orifice de $1^{\mu\mu^2}$ de section, car il arrivera en moyenne 10000 fois par seconde que l'une des sphères soit vide. Elle est au contraire infiniment petite pour des sphères contenant chacune 50 molécules ($D = 16^{\mu\mu}$). Mais, même dans ce cas, la probabilité pour que les pressions soient différentes conserve une valeur sensible, car il arrivera encore 5 fois par seconde que l'une soit quadruple de l'autre. Dans un système composé d'un grand nombre de récipients de cette dimension, la répartition des pressions est donc extrêmement irrégulière.

On peut arriver à une conclusion analogue si l'on examine la répartition des températures. La température d'un gaz est fixée par l'énergie cinétique *moyenne* de ses molécules : celles-ci n'ont pas toutes la même vitesse, de telle sorte que si l'on appelle température d'une molécule une quantité proportionnelle à sa force vive, un certain volume de gaz contiendra des molécules à toutes les températures. La formule bien connue de Maxwell montre que le nombre des molécules plus chaudes ou plus froides que la masse du gaz est relativement considérable : pour un gaz à 300° absolus par exemple (+27° C.), $\frac{1}{100}$ des molécules ont une température supérieure à 800° C., et $\frac{1}{1000}$ sont à plus de 1300° C.

Considérons encore un récipient de très petites dimensions, en communication avec un certain volume de gaz, et supposons qu'une molécule très chaude y pénètre : si l'orifice est suffisamment petit, cette molécule ne ressortira pas avant d'avoir communiqué son excès de force vive aux autres, de telle sorte que la température du gaz dans le récipient sera notablement augmentée. S'il contient 10 molécules, l'arrivée d'une molécule à 1300° (événement qui se produira environ 10^7 fois par seconde, si l'orifice a une section de $1^{\mu\mu^2}$) élèvera la température moyenne de 27° à 150°; l'arrivée de 2 molécules à 1300° l'une après l'autre (10^4 fois par seconde) de 27° à 250°, etc.... Au contraire, l'arrivée de molécules très froides produira un refroidissement marqué. Donc, de nouveau, dans un système formé d'un grand nombre d'enceintes extrêmement petites, la température, comme la pression, est très différente d'un point à un autre.

II. De pareils systèmes sont facilement réalisables : les corps poreux, en effet, ne sont pas autre chose, et quoique la mesure directe des dimensions

de leurs pores ne puisse être faite, il semble bien qu'ils soient souvent de l'ordre de grandeur auquel les considérations précédentes sont applicables. Un corps poreux est donc un système où règnent simultanément toutes les températures et toutes les pressions. On peut dire ici toutes les pressions, car en raison du nombre énorme des enceintes élémentaires, nous devons tenir compte, pour apprécier l'état de l'ensemble, même des probabilités extrêmement faibles.

III. On peut immédiatement appliquer les considérations précédentes, qui sont bien connues ([1]), au cas de la catalyse. Prenons l'un des cas les plus simples, celui d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène qui, sans action l'un sur l'autre à la température ordinaire, se combinent soit à température élevée, soit en présence d'un catalyseur (noir de platine) : la combinaison devra se produire immédiatement dans toutes celles des cavités du corps poreux où la température sera assez élevée. Ce corps nous apparaît donc comme un accélérateur nécessaire de la réaction; mais ce rôle n'est pas le seul qu'il puisse jouer, et, en raison du rapprochement des enceintes chaudes et des enceintes froides, il peut se comporter aussi comme le tube chaud et froid de Deville.

Tout ce qui précède se heurte à une objection évidente. Les différences de pression et de température, que j'ai supposé agir dans les enceintes élémentaires que j'ai considérées, existent aussi dans le sein de la masse gazeuse : il semblerait donc que la présence du corps poreux soit inutile. Mais, en y regardant de plus près, on voit que cette objection peut être levée de la manière suivante : supposons deux volumes très petits, l'un délimité par des parois solides, l'autre géométriquement délimité par des surfaces idéales : la probabilité pour que tous les deux renferment uniquement des molécules très chaudes est sensiblement la même, mais, dans l'enceinte réelle, ces molécules devront nécessairement se rencontrer par suite de leurs réflexions multiples sur les parois, tandis que dans l'enceinte idéale, la probabilité d'une rencontre sera extrêmement faible. L'effet des différences de pression et de température, dont le rôle est certainement déjà important au sein d'une masse gazeuse, est donc beaucoup augmenté par la présence d'un corps poreux (comme aussi, pour les mêmes raisons, mais à un moindre degré, par celle d'une paroi quelconque).

Enfin, on pourrait objecter que les chocs des molécules très chaudes sur les parois les ramèneront rapidement à la température moyenne. Mais cet effet sera d'autant moins marqué que les molécules formant la paroi seront plus lourdes par rapport à celles du gaz, et le plus souvent négligeable.

([1]) Une application à d'autres phénomènes a été faite par Svedberg, d'après des calculs de Smoluchowski (*Zeit. physik. Ch.*, t. LXXIV, 1910, p. 738).

Les considérations qui précèdent ne rendent pas compte de la spécificité (peu marquée du reste) des catalyseurs. Aussi sont-elles évidemment par elles-mêmes insuffisantes pour expliquer complètement les catalyses. Je pense cependant qu'une théorie complète ne devra pas les négliger.

CHIMIE MINÉRALE. — *Détermination du poids moléculaire de l'oxyde uraneux.* Note de M. **Œchsner de Coninck**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai déterminé le poids moléculaire de l'oxyde uraneux en réduisant l'hydrate uranique UO^3, H^2O, par l'hydrogène pur au rouge vif.

L'hydrate uranique a été préparé par la calcination ménagée d'un nitrate d'uranyle très pur primitivement destiné à être employé comme réactif d'analyse. Le résidu de la calcination a été lavé à l'eau chaude, pour séparer un produit basique qui se forme généralement dans la réaction, desséché entre des doubles de papier filtre et exposé pendant 10 jours au-dessus de l'acide sulfurique concentré.

Ainsi préparé, le monohydrate uranique constitue une masse parfaitement homogène, possédant une belle couleur orange. Je l'ai examiné à la loupe et j'ai pu constater qu'il ne renfermait pas de dihydrate jaune clair, $UO^2, 2H^2O$.

Au rouge vif, l'hydrogène réduit nettement l'hydrate uranique, d'après l'équation :

$$UO^3, H^2O + H^2 = UO^2 + 2H^2O.$$

Comme dans mes précédentes expériences, l'hydrogène a été soigneusement purifié au moyen du procédé Schobig.

J'ai adopté, pour l'uranium, le poids atomique 238,5, ce qui conduit pour UO^3, H^2O au poids moléculaire 304,5.

Cinq déterminations ont été faites :

1° $UO^3H^2O = 0^g,5326$; $UO^2 = 0^g,4735$: trouvé, 270,71; théorie pour le poids moléculaire UO^2, 270,50.

2° $UO^3, H^2O = 0^g,5865$; $UO^2 = 0^g,5215$: trouvé, 270,75; théorie, 270,5.

3° $UO^3, H^2O = 0^g,4263$; $UO^2 = 0^g,3788$: trouvé, 270,57; —

4° $UO^3, H^2O = 0^g,4613$; $UO^2 = 0^g,410$: trouvé, 270,64; —

5° $UO^3, H^2O = 0^g,4163$; $UO^2 = 0^g,370$: trouvé, 270,63; —

La moyenne de ces cinq déterminations conduit à 270,66, le poids moléculaire théorique de UO^2 étant 270,5.

J'avais trouvé [1], par réduction du chlorure d'uranyle : $UO^2 = 270,07$.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 152, p. 711.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de mesure du degré de viciation d'une atmosphère confinée.* Note de MM. **H. Henriet** et **M. Bouyssy**, présentée par M. A. Haller.

On n'a jamais fait jusqu'ici de mesure directe de la viciation d'une atmosphère confinée, et c'est encore d'après le taux d'acide carbonique qu'on évalue approximativement la pollution de l'air. Ce procédé manque absolument de précision, car la quantité de CO^2 indique plutôt le degré de ventilation que celui de la viciation de l'air, à cause du phénomène de condensation qui limite la pollution, phénomène mis en évidence par les précédents travaux de M. Henriet.

Étant donné que l'air pur est toujours oxydant et que les produits d'excrétion (fermentations, transpirations de la peau, expirations pulmonaires, etc.) sont tous réducteurs, la mesure des propriétés réductrices de l'air devait fournir des nombres rigoureusement proportionnels à la viciation, laquelle est due à la proportion plus ou moins grande de substances étrangères que contient l'air. Celles-ci, presque toujours d'origine organique, sont condensables par la vapeur d'eau (¹).

Partant de ces observations, notre méthode consiste : 1° à recueillir par condensation un certain volume de vapeur d'eau dans l'atmosphère étudiée; 2° à mesurer le volume d'air correspondant; 3° à doser dans l'eau recueillie les matières réductrices.

1° *Condensation.* — Nous employons à cet effet un récipient métallique cylindroconique, nickelé extérieurement et d'une capacité de 3 litres. Dans l'intérieur, on peut introduire à frottement doux un autre récipient semblable, contenant un mélange de glace et de sel. La condensation se produit sur le récipient extérieur sous forme de givre; il suffit alors d'enlever le cylindre intérieur pour obtenir la liquéfaction. On recueille le liquide.

2° *Mesure du volume d'air.* — De la formule qui donne la masse d'un gaz ou d'une vapeur, on tire

$$v = \frac{m(1+\alpha t)}{ad}\,\frac{76}{f},$$

où v est le volume du mélange d'air et de vapeur à $t°$ et à la pression H; m la masse de vapeur, a le poids du centimètre cube d'air, d la densité de la vapeur et f sa tension.

(¹) H. Henriet, *Thèse*, 1906, et *Revue générale des Sciences*, 30 juin 1907.

En ramenant le volume du mélange à 0° et à la pression 760mm, on a

$$v_0 = \frac{1}{ad}\frac{mH}{f} = 1,243\frac{mH}{f}.$$

Il suffit donc de mesurer H et f au moyen d'un hygromètre et d'un thermomètre pour savoir à quel volume d'air correspond une masse donnée de vapeur condensée. En pratique, nous employons toujours une masse d'eau de 5g.

3° *Dosage des substances réductrices.* — On opère de la façon suivante : dans un petit ballon de 50cm³, on introduit 5cm³ d'eau condensée, puis 10cm³ d'une liqueur contenant par litre : 316mg de MnO^4K et 425mg de CrO^3 pur et exempt d'acide sulfurique (¹). On fait bouillir 5 minutes et, après refroidissement, on ajoute 10cm³ d'une solution contenant 10g par litre de sulfate de fer ammoniacal et 10cm³ de SO^4H^2 pur à 66°. La liqueur prend une teinte verdâtre, et l'on y verse avec une burette la solution de MnO^4K titré à $\frac{N}{500}$, jusqu'à apparition de la teinte rose. La différence que présente cette lecture sur la lecture repère qu'on obtient en répétant l'opération sans eau condensée, donne le volume de permanganate réduit par les substances provenant de l'air étudié. On en déduit le poids d'oxygène correspondant et l'on rapporte les résultats exprimés en milligrammes, à 100m³ d'air.

Voici quelques nombres obtenus par cette méthode :

Air atmosphérique (Parc Montsouris)	1
» (Quartier Hôtel-de-Ville)	10
Salles où vivent des animaux (cobayes, lapins, singes)	13
Imprimerie	13
Bureau mal ventilé	14
Couloir obscur mal ventilé	17
Atelier de couture	21 (²)

Nous pensons que ce procédé est susceptible de rendre les plus grands services, dans l'étude de l'hygiène des ateliers, des sous-marins, etc.

(¹) L'addition d'acide chromique est motivée par ce fait que les produits de la respiration étant surtout formés de bases volatiles, il est indispensable d'opérer en liqueur acide, mais de façon à éviter la mise en liberté de l'acide chlorhydrique des chlorures que contient parfois l'atmosphère, HCl réduisant le permanganate à lui seul. Nous attirons l'attention sur ce fait, relativement aux conclusions qu'on cherche parfois à tirer de la comparaison des résultats obtenus en dosant la matière organique dans les eaux à la fois en liqueur acide et en liqueur alcaline, quand ces eaux contiennent des chlorures, ce qui est le cas général.

(²) Dans cet atelier de 104m³, où travaillent 20 ouvrières, on a, volontairement et pour pousser la pollution aussi loin que possible, maintenu les fenêtres fermées pendant 24 heures.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination de la proportion de soufre sublimé dans un mélange de différents soufres.* Note de MM. TAUREL et GRIFFET, présentée par M. H. Le Chatelier. (Extrait.)

Le soufre sublimé ou fleur de soufre se présente sous forme d'utricules ou globules microscopiques, à peu près sphériques, parfois isolés, souvent réunis en grappes. Ces utricules sont constitués eux-mêmes par un noyau de soufre cristallin soluble dans le sulfure de carbone, entouré d'une pellicule amorphe insoluble dans ce même liquide.

L'épaisseur de la pellicule amorphe, et par suite la proportion pondérale du soufre insoluble, varie énormément (de 12 à 33 et même 40 pour 100), non seulement suivant les conditions diverses de la fabrication, mais encore pour un même soufre suivant son ancienneté; le soufre insoluble se transformant progressivement en son état allotropique plus stable de soufre soluble.

Mise en contact avec un excès de sulfure de carbone, cette pellicule insoluble, soit par porosité naturelle, soit par l'existence de fendillements très petits, laisse pénétrer le dissolvant à l'intérieur de l'utricule.

Le soufre cristallin se dissout, et l'enveloppe amorphe qui est rigide garde rigoureusement sa forme et ses dimensions premières.

La persistance de cette forme et de ces dimensions, constatée sur de très nombreux essais, nous a amenés à supposer qu'il y avait là un moyen de déterminer, avec une exactitude suffisante pour des essais commerciaux, la proportion de fleur de soufre contenue dans un mélange de soufre sublimé et de soufre trituré.

Nous avons pris deux tubes de centrifugeuse, à fond plat, finement gradués, bien cylindriques et de diamètres aussi égaux que possible.

Dans l'un, nous avons mis 35$^{cm^3}$ d'essence de pétrole. (Tout liquide ne dissolvant pas une quantité appréciable de soufre et pouvant le mouiller facilement, aurait pu remplir le même but.)

L'autre a reçu 35$^{cm^3}$ de sulfure de carbone.

Dans chacun d'eux nous avons laissé tomber très lentement 15^{g} de l'échantillon de soufre à examiner, préalablement bien homogénéisé.

Chaque tube, fermé avec le doigt, a été ensuite soumis à une agitation lente et sans secousses, jusqu'à désagrégation complète des boulettes qui avaient pu se former. (Ne jamais se servir d'un agitateur pour faire ce mélange, surtout dans le tube à sulfure de carbone.)

Nous avons ensuite centrifugé les deux tubes ensemble pendant 10 minutes, à la vitesse modérée de 1500 à 1800 tours.

Après un repos de quelques instants, nous avons noté le volume occupé par le soufre dans chaque tube.

Les chiffres trouvés ne peuvent jamais donner la proportion pondérale de soufre insoluble, mais bien en volume la proportion de fleur ou de soufre utriculaire contenu dans le mélange essayé.

L'épaisseur de l'enveloppe amorphe de l'utricule, et par suite la proportion pondérale de soufre insoluble dans le sulfure de carbone, n'influe pas sur le dosage. Les fleurs contenant 12 pour 100 d'insoluble donneront, par conséquent, le même résultat que des fleurs contenant 33 et même 40 pour 100 d'insoluble, à condition qu'elles ne contiennent pas plus de débris cristallins étrangers aux utricules.

CHIMIE. — *Sur la composition minérale de l'abeille.* Note de M. **Frédéric Aronssohn**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé de rechercher, vu l'alimentation exclusivement végétale de l'abeille, quels éléments minéraux parmi ceux trouvés dans les végétaux sont fixés dans les tissus de cet insecte.

J'ai expérimenté sur les abeilles communes, sujets mâles; ces derniers ne prenant jamais de nourriture au dehors de la colonie, leur régime est connu de façon certaine. Les individus utilisés provenaient d'une région à sol argilo-calcaire, non industrielle, où les agriculteurs n'utilisent pas les insecticides ou anticryptogamiques métalliques.

Le poids moyen d'un insecte desséché à 100°-110° a été trouvé de 0g,062; le poids le plus faible étant 0g,058 et le plus élevé 0g,064.

Les résultats ci-dessous sont : en I rapportés à 100g d'insectes desséchés à 100°-110°, en II calculés en valeur relative.

Les incinérations ont été faites au rouge naissant, le charbon lessivé à l'eau à plusieurs reprises; les cendres obtenues étaient très fusibles.

Les déterminations ont été exécutées sur des lots de 30g à 70g d'insectes desséchés, selon les méthodes de l'analyse pondérale; le fer, le zinc et le cuivre ont été notamment pesés à l'état de sulfure. Toutefois le manganèse a été évalué colorimétriquement; l'iode et l'arsenic ont été recherchés et mesurés selon les méthodes de M. Armand Gautier.

Élément dosé.	I.	II.
Cendres	4g,23	$\frac{1}{23}$
Soufre total	1,413	$\frac{1}{70}$
Chlore total	0,294	$\frac{1}{374}$
Iode total	0,00009	$\frac{1}{3333333}$
Phosphore total	0,953	$\frac{1}{104}$
Arsenic	0,0000015	$\frac{1}{66666666}$
Silicium	0,034	$\frac{1}{2915}$
Cuivre	0,006	$\frac{1}{15384}$
Fer	0,015	$\frac{1}{6535}$
Manganèse	0,002	$\frac{1}{50500}$
Zinc	0,012	$\frac{1}{8064}$
Aluminium	0,010	$\frac{1}{9615}$
Calcium	0,056	$\frac{1}{1767}$
Magnésium	0,099	$\frac{1}{1008}$
Potassium	0,025	$\frac{1}{3952}$
Sodium	0,049	$\frac{1}{2036}$
Fluor	?	

Les tissus de l'abeille contiennent donc quinze corps simples non compris les éléments fondamentaux des matières protéiques. Sont dominants : le soufre, le phosphore, le chlore, le magnésium et le calcium. Les teneurs en fer, zinc et aluminium sont du même ordre de grandeur, le cuivre n'existant qu'en quantité environ moitié moindre.

Si l'on considère la variété des métaux faisant partie de l'organisme de l'abeille et si l'on en rapproche les connaissances actuelles du rôle des métaux sur l'activité des diastases, il est permis de supposer que la composition minérale de l'insecte peut influer notablement sur les réactions chimiques qui se produisent dans les tissus de l'abeille.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des rayons ultraviolets sur les gousses vertes de vanille.* Note de M. **Jean Pougnet**, présentée par M. Guignard.

Poursuivant mes recherches sur les plantes dont l'odeur ne préexiste pas, j'ai fait quelques expériences sur l'action des rayons ultraviolets sur les gousses vertes de vanille qui, fraîches, ne sont pas odorantes.

Ici encore, on retrouve l'analogie des rayons ultraviolets avec les anesthésiques, que j'avais montrée antérieurement (1). Dans ce cas pourtant,

(1) J. Pougnet, *Comptes rendus*, 19 septembre 1910.

l'action des rayons ultraviolets semble plus profonde, puisqu'il est possible d'obtenir l'odeur de vanille, même avec une gousse *complètement verte*. Dans ses expériences avec l'éther et le chloroforme, M. Heckel (¹) n'avait pu produire d'odeur sur les gousses entièrement vertes.

J'ai opéré sur des gousses complètement vertes ou à divers états de maturité, venues en serre à Sainte-Mesme (Seine-et-Oise). Les vanilliers avaient été fécondés fin avril 1910; les gousses m'ont été fournies à des dates échelonnées; les premières ont été traitées le 8 décembre 1910; les dernières, fin mars 1911. Quelques autres m'ont été expédiées de Saint-Claude (Guadeloupe). L'action des rayons ultraviolets a été la même, quelle que fût l'origine des échantillons.

Le mode opératoire que j'ai employé est le même que celui qui m'a servi pour une étude semblable sur les plantes à coumarine et à glucosides dédoublables. Les gousses étaient exposées aux rayons émis par une lampe en quartz à vapeurs de mercure, fournie par la *Quarzlampen Gesellschaft* et fonctionnant sous 110 volts et 4 ampères; une gousse témoin était exposée en même temps, mais protégée par un écran de verre. A aucun moment le témoin n'a dégagé d'odeur.

Les durées d'exposition, pour percevoir l'odeur, ont été les suivantes, variant avec les distances au brûleur :

État de maturité de la gousse.	Distance. du brûleur.	Température moyenne.	Durée d'insolation pour percevoir l'odeur (²).
	cm	°	h m
Gousse complètement verte..	30	37	6.00
	20	50	3.00
	10	68	2.00
Gousse présentant un point jaune..................	30	37	4.00
	20	50	2.00
	10	68	1.00
Gousse présentant une grande surface jaune...........	30	37	0.45
	20	50	0.30
	10	68	0.20

A la surface des gousses, on voyait perler de rares gouttelettes d'un liquide inodore. En aucun cas, je n'ai pu observer la formation de cristaux givrés de vanilline, probablement à cause du peu de richesse de mes échantillons.

(¹) HECKEL, *Comptes rendus*, 1910.

(²) Ces temps sont des moyennes, chaque échantillon ayant exigé des durées d'exposition légèrement variables.

La gousse brunit d'abord, puis elle noircit peu à peu sans avoir à faire intervenir une nouvelle insolation. Puis elle se ride et, pendant 3 mois environ, elle reste molle en conservant à peu près sa grosseur primitive. Enfin elle se dessèche d'autant plus vite qu'elle était plus mûre et, après 5 mois, elle n'a plus guère que le $\frac{1}{4}$ de son volume primitif.

Dans une deuxième série d'expériences, j'ai fait absorber par le fruit frais un sel de manganèse, en le laissant tremper par le pédoncule dans une solution de $MnCl^2$ à $\frac{1}{1000}$. La durée d'exposition aux radiations ultra-violettes est ainsi diminuée de $\frac{1}{4}$ environ et l'odeur paraît plus intense.

On peut donc conclure que, comme les anesthésiques, les rayons ultra-violets provoquent le dégagement de l'odeur de la vanille dans les gousses fraîches; leur action est même plus puissante puisqu'on peut produire cette odeur même dans les gousses *complètement vertes*.

Les sels de manganèse accélèrent cette action et la rendent plus profonde.

BOTANIQUE. — *Recherches biométriques sur un hybride de greffe entre Poirier et Cognassier.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En 1897 (¹) j'ai désigné sous le nom de *greffe mixte* une symbiose dans laquelle on laisse à demeure des pousses feuillées au sujet, dans le but de réussir plus facilement certaines greffes délicates et d'observer plus commodément l'influence du greffon sur le sujet. Je montrais aussi, à cette époque, que le recépage, c'est-à-dire la décapitation du greffon au-dessus du bourrelet, était tout indiqué pour provoquer l'apparition des hybrides de greffe.

Parmi les hybrides de greffe obtenus par cette méthode, l'un des plus intéressants est celui de Poirier et de Cognassier, que j'ai observé en 1901, à la suite de la décapitation de vieux poiriers. Ce type nouveau présente, ainsi que je l'ai montré (²), des caractères intermédiaires à des degrés divers entre le sujet et le greffon, tant dans ses caractères extérieurs que dans sa structure. Au début de la pousse, ce sont les caractères du Cognas-

(¹) Lucien Daniel, *La greffe mixte* (*Comptes rendus*, 1897).

(²) Lucien Daniel, *Sur un hybride de greffe entre Poirier et Cognassier* (*Revue générale de Botanique*, 1904).

sier qui dominent; à la fin de la végétation, ce sont ceux du Poirier qui apparaissent. Bien que je le cultive depuis dix ans, propagé par greffe, je n'ai pas réussi à le faire fleurir. Ce résultat rappelle le Poirier-aubépine de Wille ([1]), curieux hybride de greffe dont les fleurs apparurent seulement après 17 ans de culture.

Je me suis proposé d'étudier biométriquement les dents de la feuille de l'hybride de greffe entre Poirier et Cognassier, par comparaison avec celles du greffon seul, puisque le Cognassier sujet a des feuilles entières, non découpées. Voici les résultats obtenus sur 1034 feuilles :

Poirier type.

Nombre de dents.	29	42	48	50	53	57	62	64	66	68	69	70
Fréquence	2	5	14	13	24	40	57	49	43	49	17	24
Nombre de dents.	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
Fréquence.......	30	22	24	29	24	21	18	80	13	24	23	23
Nombre de dents.	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
Fréquence.......	25	15	30	20	22	18	18	18	15	21	14	13
Nombre de dents.	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
Fréquence	13	9	10	6	8	13	8	8	5	9	4	7
Nombre de dents.	107	108	109	110	111	113	114	116	117	121	123	
Fréquence	7	8	4	4	5	5	1	2	2	1	1	

Hybride de greffe entre Poirier et Cognassier.

Nombre de dents.	0	3	4	5	7	9	10	11	12	13	14	15
Fréquence	16	9	7	14	15	15	9	16	17	5	13	20
Nombre de dents.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Fréquence.......	10	21	18	14	32	14	21	15	21	19	20	35
Nombre de dents.	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Fréquence.......	28	25	29	20	30	24	21	33	26	26	24	26
Nombre de dents.	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	52
Fréquence	29	24	26	16	23	8	20	17	19	21	10	10
Nombre de dents.	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	64	65
Fréquence.......	18	7	11	3	10	7	4	7	6	3	3	10
Nombre de dents.	66	69	70	74								
Fréquence	7	2	4	1								

Dans les deux cas, la courbe est discontinue et présente de nombreux sommets, indices d'un polymorphisme foliaire très accusé. Mais, tout en

([1]) Wille, *Früchte und Blätter eines Pfropfbastardes von einer auf Weissdorn veredelten Birne* (*Biolog. Centralblatt*, 1896).

ayant la même allure générale, la courbe de l'hybride de greffe diffère de celle du Poirier-parent par l'amplitude de la variation et par des extrêmes plus faibles. Sous le rapport du nombre des dents, il y a une sorte de passage du sujet au greffon chez l'hybride, passage nettement marqué par la présence de 16 feuilles entières comme dans le parent sujet quand les autres sont dentées à des degrés divers comme dans le parent greffon, mais de nombre en général inférieur à celui-ci.

Les résultats biométriques fournis par l'étude des dents de la feuille corroborent de la façon la plus nette les données morphologiques internes ou externes, et montrent que la plante étudiée réalise un hybride de greffe à caractères plus ou moins intermédiaires entre le parent sujet et le parent greffon.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur la taille et la morphologie générale de la femme française.* Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Jusqu'à présent, aucune donnée définitive n'avait été fournie sur les caractères moyens de la femme française. Les femmes mensurées par les anthropologistes étaient, de l'aveu même de ceux-ci, en état d'*infériorité organique* (Pfitzner et Papillault); il s'agissait en effet de cadavres de la Faculté de Médecine. Or, comme le fait remarquer Pfitzner (¹), quatre classes de la population n'arrivent pas à la table de dissection : 1° ceux qui sont sains (sélection par la maladie); 2° ceux qui, malades, peuvent se soigner chez eux (sélection sociale par la fortune); 3° ceux qui, hospitalisés, ne meurent pas (sélection par la mort); 4° ceux qui, morts à l'hôpital, ont été repris par leurs amis ou leurs parents (sélection pour l'inhumation).

Nous avons étudié à dessein 255 femmes françaises, âgées de 21 ans à 50 ans, provenant des divers points du territoire, appartenant à toutes les classes sociales, autant que possible dans d'égales proportions. Une cinquantaine sont des ouvrières agricoles, une cinquantaine des ouvrières

(¹) Pfitzner, *Social anthropologische Studien* (*Zeitschrift Morphologie und Anthropologie*, Band IV, p. 32-37); voir aussi G. Papillault, *L'homme moyen à Paris* (*Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 1902).

parisiennes, une cinquantaine des femmes de la bourgeoisie sans profession, une cinquantaine des ménagères sans profession, appartenant à l'ancienne aristocratie, quelques-unes aux carrières libérales; cinquante ont été mensurées à l'Asile de Maison-Blanche.

Les procédés employés ont été ceux de M. A. Bertillon. Les mensurations effectuées sont celles du service d'identité judiciaire. Toutefois, nous avons pris en outre la mensuration du diamètre frontal, d'une apophyse orbitaire extrême à l'autre.

Les chiffres qui ont servi à construire le Tableau publié ci-dessous établissent que la moyenne de la taille de la femme française est non de 1m,54, *comme on le croyait et l'enseignait jusqu'ici, mais de* 1m,57.

Mensurations moyennes de 255 *femmes françaises de* 21 *à* 50 *ans, groupées par taille de* 5cm *en* 5cm (*Mac-Auliffe*).

Tailles de 0m,05 en 0m,05.	Nombre des observations.	Tailles moyennes.	Envergure.	Buste.	Coudée gauche.	Pied gauche.	Tête.	
							Longueur.	Largeur.
m m		m	m	m	m	m	m	m
1,38 à 1,42	3	1,405	1,396	0,756	0,375	0,213	0,174	0,144
1,43 à 1,47	20	1,457	1,458	0,789	0,388	0,218	0,174	0,149
1,48 à 1,52	45	1,506	1,520	0,820	0,401	0,229	0,176	0,147
1,53 à 1,57	64	1,550	1,555	0,821	0,408	0,234	0,179	0,148
1,58 à 1,62	76	1,597	1,597	0,849	0,421	0,235	0,180	0,149
1,63 à 1,67	32	1,650	1,638	0,872	0,431	0,242	0,182	0,149
1,68 à 1,72	12	1,688	1,667	0,889	0,440	0,248	0,182	0,151
1,73 à 1,77	2	1,742	1,740	0,900	0,448	0,241	0,181	0,154
1,78 à 1,82	1	1,785	1,745	0,885	0,477	0,260	0,179	0,152

		Médius gauche.	Auriculaire gauche.	Oreille droite.	Diamètre		Membres inférieurs (taille et buste).
					bizygomatique.	frontal.	
m m		m	m	m	m	m	m
1,38 à 1,42	3	0,097	0,076	0,059	0,128	0,103	0,648
1,43 à 1,47	20	0,099	0,076	0,057	0,127	0,103	0,656
1,48 à 1,52	45	0,103	0,078	0,059	0,130	0,105	0,726
1,53 à 1,57	64	0,104	0,080	0,059	0,131	0,106	0,728
1,58 à 1,62	76	0,106	0,082	0,060	0,133	0,108	0,748
1,63 à 1,67	32	0,108	0,083	0,061	0,132	0,107	0,777
1,68 à 1,72	12	0,109	0,084	0,060	0,133	0,107	0,798
1,73 à 1,77	2	0,116	0,088	0,061	0,140	0,109	0,842
1,78 à 1,82	1	0,114	0,087	0,059	0,138	0,112	0,900

C'est le premier Tableau de cet ordre qui ait été dressé. M. A. Bertillon seul en avait construit un identique, mais pour les hommes.

Nous espérons qu'il rendra service non seulement aux anthropologistes proprement dits, mais aux criminalistes et aux médecins légistes et qu'il permettra parfois, une mensuration d'un segment de membre étant connue, d'apprécier approximativement la taille et la longueur des principales dimensions du corps.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Tentatives de transmission de la scarlatine au chimpanzé.* Note de MM. **Landsteiner, Levaditi** et **Prašek.**

Nous désirons résumer dans cette Note quelques tentatives d'infection faites sur le chimpanzé, grâce à l'appui de l'Institut Pasteur, avec des matériaux virulents provenant d'enfants atteints de *scarlatine*.

Expérience I. — Le 3 février 1911, et les jours suivants, nous badigeonnons la gorge du chimpanzé M avec du dépôt pris sur les amygdales et le pharynx d'enfants atteints de scarlatine avec angine. *Deux jours après la première inoculation,* la température monte d'un degré (38°) et l'on constate une rougeur et une tuméfaction des amygdales et de la muqueuse du pharynx. Les jours suivants, fièvre; les signes d'angine deviennent plus apparents, et l'on décèle des streptocoques dans le dépôt amygdalien. Le 7 février, on fait un nouveau badigeonnage de la gorge et le lendemain on injecte sous la peau 75^{cm^3} de sang défibriné, retiré de la veine d'un sujet atteint d'une scarlatine assez grave. Le 9 février, température 40°, l'animal vomit et montre une rougeur et une tuméfaction intense du pharynx, des amygdales et des piliers; *dépôts blanchâtres* sur la muqueuse amygdalienne, *exanthème sous forme de petites taches rouge pâle* sur tout le corps. Dans la suite, la température se maintient à 40°; l'exanthème, presque confluent, est plus marqué au point d'inoculation du sang. Les amygdales sont couvertes de dépôts blanchâtres, les follicules et les papilles linguales sont hypertrophiés. L'animal est très malade et, au point d'inoculation du sang, il se forme des abcès contenant des streptocoques. Le chimpanzé meurt le 12 février.

Nécropsie : Hypertrophie des ganglions cervicaux, tuméfaction des follicules intestinaux et de la rate. Les coupes de rein montrent des foyers d'inflammation interstitielle, celles de la peau des lésions ressemblent à celles de l'exanthème scarlatineux.

Expérience II. — Le 17 février, on injecte à un chimpanzé J 50^{cm^3} de sang scarlatineux sous la peau ; on lui badigeonne la gorge avec des produits d'angine scarlatineuse. 48 *heures après,* fièvre légère et premiers signes d'une angine, avec dépôts blancs punctiformes sur les amygdales. Les lésions inflammatoires augmentent les jours suivants et il y a production de fausses membranes (l'exsudat contient des streptocoques courts). L'angine dure jusqu'au 25 février. *On ne constate ni phénomènes généraux, ni exanthème.*

Les 27 et 28 février, après la disparition de l'angine et de la fièvre, *nouvelle inocula-*

tion dans la gorge, faite comme précédemment (à deux reprises). 48 *heures après*, inflammation locale, dépôts punctiformes, fausses membranes contenant des streptocoques, légère élévation de la température. Guérison le 10 mars, sans généralisation, ni exanthème.

Expérience III. — On fait des cultures sur gélose avec le dépôt de la gorge du chimpanzé J (exp. 2) : nombreuses colonies de coccus et de *streptocoques*. On badigeonne la gorge du chimpanzé N avec une émulsion de ces cultures. Pas de réaction rappelant les lésions décrites précédemment.

Expérience IV. — Le 5 mars, badigeonnage de la gorge d'un chimpanzé H avec des produits prélevés sur les amygdales du chimpanzé J. Le lendemain on injecte sous la peau du même animal 10$^{cm^3}$ de sang de J, additionné de dépôt amygdalien. Les jours suivants formation d'abcès au point d'injection (streptocoques). *Pas de réaction dans la gorge, ni d'exanthème* (ecchymoses au niveau des abcès).

Expérience V. — Chimpanzé H. Inoculations répétées de streptocoques isolés chez le chimpanzé J et de *streptocoques isolés du sang d'un scarlatineux* (mélangé à du sang humain, injections sous-cutanées, badigeonnage dans la gorge). Aucune réaction ni locale, ni générale, sauf ecchymoses au point d'inoculation du sang.

Enfin, dans une *sixième expérience*, badigeonnage de la gorge du chimpanzé I avec streptocoques isolés chez J. *Pas de réaction*.

Il en résulte que *l'inoculation, dans la gorge des chimpanzés, de produits provenant d'enfants scarlatineux provoque une angine qui ressemble à celle des sujets atteints de scarlatine typique*. On peut dire que l'expérience réussit facilement, puisque nous l'avons réalisée trois fois et qu'un résultat analogue a été enregistré avant nous par Grünbaum [1]. Chez un de nos chimpanzés (J) la réinfection, faite 24 heures après la guérison de la première angine, a été suivie de succès.

L'important est de préciser si l'angine expérimentale est engendrée par le virus scarlatineux, ou bien par quelque microbe d'infection secondaire, en particulier par le *streptocoque*, dont on connaît les rapports intimes avec la scarlatine. Nos expériences d'inoculation de nombreux streptocoques dans la gorge et sous la peau, ayant abouti à des résultats négatifs, parlent plutôt contre l'origine streptococcique de l'angine expérimentale. Nous nous garderons cependant d'en tirer des conclusions définitives, vu l'importance et la difficulté du problème.

Il nous est également impossible de préciser, avec toute la certitude voulue, si l'infection de notre premier chimpanzé, quelle qu'ait été sa ressemblance avec la scarlatine humaine, fut provoquée par le vrai virus scarlatineux. Malgré l'analogie frappante des deux processus (infection généralisée, exanthème, angine, lésions histologiques), malgré la courte durée de l'incu-

(1) GRÜNBAUM, *Brit. med. Journal*, 1904.

bation, qui correspond à celle de la scarlatine humaine, il ne s'agit que d'une expérience unique, insuffisante par conséquent pour résoudre définitivement le problème. Quoi qu'il en soit, l'expérimentation sur les singes paraît appelée à éclairer l'étiologie de la scarlatine.

Nous rappellerons que, tout récemment, Cantacuzène (*Société de Biologie*, 17 mars 1911) affirme avoir transmis la scarlatine aux simiens inférieurs.

PARASITOLOGIE. — *Dégénérescence de quelques formes larvaires de l'Hypoderme du bœuf* (*Hypoderma bovis* de Geer). Note [1] de MM. **C. Vaney** et **G. Tainturier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Au cours des réceptions des cuirs frais de boucherie, on constate que les dégâts les plus considérables dus aux *varrons* ou larves de l'Hypoderme du bœuf ont lieu pendant les mois d'été. Pendant les mois d'hiver, quoique le pourcentage des peaux varronnées soit relativement faible, il n'est pourtant jamais nul et peut encore s'élever à 1 pour 100. *A priori*, ce dernier fait ne paraît pas cadrer avec nos connaissances sur l'évolution normale de l'Hypoderme du bœuf, car, d'après celles-ci, toutes les larves devraient avoir quitté leur hôte de juin à août, c'est-à-dire à l'époque où elles devraient subir la métamorphose. A quoi correspondent les varrons d'hiver? Peut-on les considérer comme de jeunes formes larvaires ayant pénétré par la voie cutanée?

Dans une de ses réceptions de cuirs frais, l'un de nous a trouvé exceptionnellement, en novembre, sur des animaux abattus à Paris, quelques varrons vivants arrivés à complète maturité. Ces larves retardataires étaient restées incluses dans le feutrage dermique et continuaient à être en relation avec l'extérieur par une ouverture pratiquée à travers l'épiderme. En les examinant attentivement, on observe que leur région buccale est rétractée et paraît n'être plus apte à prendre de la nourriture.

Sauf cette rare exception, correspondant à des larves retardataires qui commençaient à ne plus s'alimenter, tous les varrons que nous avons recueillis d'octobre 1910 à mars 1911 ne sont que des momies ou des restes souvent informes de larves d'Hypoderme.

Quelques-uns de ces varrons, surtout abondants en octobre-novembre, ont encore l'aspect de larves bien développées et de couleur grisâtre; ils restent en relation avec l'extérieur par la perforation qu'ils avaient faite de leur vivant dans la peau.

(1) Présentée dans la séance du 24 avril 1911.

D'autres varrons sont tellement ratatinés, qu'ils n'ont plus qu'une vague structure de larves desséchées, aplaties et réduites à l'enveloppe chitineuse. Sous cet état, ils sont généralement inclus dans le feutrage profond du derme et n'ont plus aucune relation avec l'extérieur. Ces larves internes et très ramassées sur elles-mêmes sont celles que l'on recueille le plus fréquemment de janvier à mars. Nous avons pu saisir tous les termes de passage entre ces deux formes extrêmes; ils nous montrent tous les stades de dégénérescence de larves retardataires qui n'ont pas subi l'évolution normale et qui sont mortes dans le feutrage dermique. Cette dégénérescence peut se faire plus ou moins rapidement et, en mars et avril, nous avons encore recueilli, sur les peaux, des larves mortes qui étaient très bien conservées.

Au fur et à mesure que les momies s'aplatissent, puis se recroquevillent, elles sont rejetées du côté interne. Ce rejet à l'intérieur est la conséquence de la cicatrisation de la peau. La perforation à travers l'épiderme se comble, un nouveau feutrage dermique s'établit et les débris larvaires, toujours plongés dans une quantité de pus plus ou moins abondante, se trouvent entourés par ce revêtement fibrillaire. Les restes larvaires subissent une résorption; la couche chitineuse perd de sa rigidité et devient blanc opalescent.

Dans les momies, ayant encore l'aspect extérieur des larves vivantes, l'organisation interne est peu altérée, au moins dans son ensemble. Les éléments cellulaires présentent des noyaux constitués par des masses chromatiques bien nettes plongées dans un cytoplasme réduit à de simples travées réticulaires. Dans les trachées, les masses chromatiques sont appliquées directement sur le revêtement chitineux. Tous ces éléments semblent avoir subi une véritable histolyse. Le tube digestif est encore rempli de restes de globules de pus ingérés et en partie digérés; mais les leucocytes de l'hôte ne paraissent pas avoir pénétré dans les tissus de la larve. La momie larvaire semble avoir été protégée contre l'invasion leucocytaire par l'intégrité de son enveloppe de chitine. Celle-ci est constituée de deux parties : une interne, assez épaisse, lamelleuse, et l'autre externe, dense, jaunâtre et fortement chitinisée. C'est autour de cette partie externe que se pressent une nuée de leucocytes formant une masse purulente souvent volumineuse.

Les momies peu déformées se rattachent très facilement à des larves ayant provoqué une inflammation du derme et qui sont mortes avec le tube digestif encore rempli de corpuscules de pus. Après la mort, ces larves subissent, sur place, une histolyse de leurs tissus, à laquelle les leucocytes de l'hôte ne semblent pas avoir une part très active.

Au cours de cette dégénérescence, les larves se ratatinent, leur enveloppe de chitine se plisse, se brise, de préférence au niveau des membranes articulaires, qui offrent une moindre résistance. C'est par ces fissures que pénètrent les leucocytes de l'hôte; ceux-ci envahissent bientôt tout le corps de la larve et activent la résorption des organes internes. La couche de chitine doit subir elle-même des modifications, car sa partie lamelleuse se fragmente, surtout au voisinage des leucocytes. Nous avons observé des

piquants jaunâtres, minés et déchaussés à leur base par quelques phagocytes. Des leucocytes pénètrent dans ces téguments à structure grenue et les désagrègent.

Dans les derniers stades de la régression, les coupes ne montrent plus que des amas de leucocytes accumulés autour de quelques fragments de chitine et ressemblant à des masses ganglionnaires.

De ces observations nous concluons que les varrons *d'hiver ne sont que des larves sédentaires en état de dégénérescence*. Ils ne peuvent donc pas être considérés comme de jeunes larves d'Hypoderme et leur présence n'infirme en rien la pénétration par la voie digestive.

Ces anomalies de développement peuvent être rapportées, au moins en partie, à des retards dans les migrations. Mais il est aussi nécessaire de tenir compte de différences individuelles entre les larves. Des formes de dégénérescence ont été signalées par Jost et par le Dr Ströse chez des larves migratrices qui avaient été recueillies, soit dans l'œsophage, soit dans d'autres régions du corps. Ceci prouve que, dès les premiers stades larvaires, certaines formes ne continuent pas à évoluer et subissent une dégénérescence.

De semblables régressions peuvent être constatées au moment de la nymphose. Parmi les larves bien conformées recueillies en juillet, c'est-à-dire à une époque où toutes devraient entrer en nymphose, quelques-unes brunissent et se dessèchent; d'autres commencent à entrer en pupation; très rares sont celles qui achèvent leur complet développement et qui donnent naissance à un Hypoderme adulte.

Cette dégénérescence de quelques larves d'Hypoderme, constatée soit au cours des migrations effectives dans le corps de l'hôte, soit au moment de la sortie de la peau ou lors de la nymphose, amène la destruction d'un certain nombre d'individus. Malgré cette cause d'amoindrissement, les varrons, qui accomplissent leur évolution complète, restent suffisamment nombreux pour causer des préjudices considérables contre lesquels il est nécessaire de se prémunir.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Resultats des mesures photogrammétriques de l'altitude de l'aurore boréale à Bosekop aux mois de février et de mars* 1910. Note de M. **Carl Störmer**.

Dans une Note [1] antérieure, j'ai publié les premiers résultats d'une expédition que j'ai faite à Bosekop (Norvège septentrionale) pendant les mois

[1] *Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude* (*Comptes rendus*, 13 juin 1910).

de février et de mars de l'année dernière, dans le but de photographier les aurores boréales et de mesurer leur altitude par une nouvelle méthode photogrammétrique.

Aurores boreales a Bosekop. Février et mars 1910

Comme le Mémoire contenant le compte rendu détaillé de l'expédition vient d'être présenté à la Société des Sciences de Christiania (dans la séance du 21 avril) je me permets de publier ici une Table représentant graphiquement les résultats des mesures photogrammétriques de l'altitude de l'aurore. Le temps se rapporte au commencement de la pose, qui a duré entre 1 et 20 secondes. On s'est servi du temps moyen de l'Europe centrale, compté astronomiquement de midi à midi. L'indication du genre d'aurore est un

peu vague, ce qui n'a pas d'importance d'ailleurs, parce que tous les négatifs originaux seront reproduits dans le Mémoire détaillé.

Malgré les 150 mesures, le nombre des cas et l'espace de temps sont trop petits pour en tirer des conclusions générales; les aurores observées étaient tout à fait ordinaires, de couleurs blanc bleuâtre jusqu'à jaune vert. Pas une seule aurore ayant toutes les couleurs du spectre et pas de couronnes.

Cependant l'essentiel est d'avoir démontré l'effectivité de la méthode : elle est facile à employer et donne des résultats très exacts.

Remarquons que la limite inférieure de 40^{km} environ prouve que les rayons corpusculaires causant l'aurore peuvent avoir une pénétrabilité beaucoup plus grande que les rayons β du radium, ainsi que l'ont indiqué déjà MM. Kr. Birkeland (1) et Lenard (2).

M. Chavernac adresse un *Projet de parachute pour aéroplane.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. Ph. v. T.

ERRATA.

(Séance du 10 avril 1911.)

Note de M. *A. Tian*, Sur la décomposition de l'eau par la lumière ultraviolette :

Page 1013, ligne 17, *au lieu de* à moins de $0^{mm^3},5$, *lire* à moins de $0^{mm^3},05$.

Page 1014, ligne 17, *au lieu de* Le débit d'oxygène ..., *lire* Le débit d'hydrogène ....

---

(1) *Comptes rendus*, 24 janvier 1910.

(2) *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften*, 2 juli 1910.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les liaisons exprimées par des relations non linéaires entre les vitesses*. Note de M. P. APPELL.

I. Imaginons un système à liaisons sans frottement, holonome ou non, dont le déplacement virtuel le plus général, compatible avec les liaisons, dépende *linéairement* des variations arbitraires

$$\delta q_1, \quad \delta q_2, \quad \ldots, \quad \delta q_k,$$

de k paramètres. Appelons $dq_1, dq_2, \ldots, dq_k$ les variations réelles de ces paramètres, pendant le temps dt, et posons

$$q'_1 = \frac{dq_1}{dt}, \qquad q'_2 = \frac{dq_2}{dt}, \qquad \ldots, \qquad q'_k = \frac{dq_k}{dt},$$
$$q''_1 = \frac{dq'_1}{dt}, \qquad q''_2 = \frac{dq'_2}{dt}, \qquad \ldots, \qquad q''_k = \frac{dq'_k}{dt}.$$

Pour un déplacement virtuel compatible avec les liaisons, la somme des travaux des forces données est de la forme

$$Q_1 \delta q_1 + Q_2 \delta q_2 + \ldots + Q_k \delta q_k.$$

Les équations du mouvement peuvent alors s'obtenir par la méthode suivante, que j'ai indiquée dans les *Comptes rendus* des 7 et 28 août et du 11 septembre 1899.

Soit S l'énergie d'accélération du système

$$S = \frac{1}{2} \Sigma m (x''^2 + y''^2 + z''^2),$$

exprimée en fonction de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$; les équations du mouvement s'obtiennent en cherchant les valeurs de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$, qui rendent la fonction

$$R = S - Q_1 q''_1 - Q_2 q''_2 - \ldots - Q_k q''_k$$

minimum (¹).

Supposons maintenant qu'on ajoute aux liaisons précédentes une nouvelle liaison, sans frottement, de telle nature que les déplacements virtuels, compatibles avec cette liaison, soient définis par une relation

$$f(\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_k) = 0, \tag{1}$$

f désignant une forme *homogène*, de degré n, de $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_k$. Admettons enfin que le déplacement réel doive vérifier la même relation :

$$f(dq_1, dq_2, \ldots, dq_k) = 0,$$

ou encore

$$f(q'_1, q'_2, \ldots, q'_k) = 0. \tag{2}$$

En dérivant cette équation par rapport au temps, on a la relation

$$\frac{\partial f}{\partial q'_1} q''_1 + \frac{\partial f}{\partial q'_2} q''_2 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q'_k} q''_k + \frac{\partial f}{\partial q_1} q'_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial t} = 0. \tag{3}$$

Nous pourrons alors poser ce principe, que le nouveau mouvement du système a lieu de telle façon que la fonction R de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$ soit minimum, les q'' étant liés par la relation (3).

On a ainsi, en désignant par λ un multiplicateur auxiliaire, les équations du mouvement :

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{\partial S}{\partial q''_1} - Q_1 - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_1} = 0, \\ \dfrac{\partial S}{\partial q''_2} - Q_2 - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_2} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \dfrac{\partial S}{\partial q''_k} - Q_k - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_k} = 0, \end{array}\right. \tag{4}$$

qui, jointes à (2), définissent $q_1, q_2, \ldots, q_k$ et λ en fonction de t.

Dans ces équations (4), les termes

$$\lambda \frac{\partial f}{\partial q'_1}, \quad \lambda \frac{\partial f}{\partial q'_2}, \quad \ldots, \quad \lambda \frac{\partial f}{\partial q'_k}$$

représentent l'effet de la force provenant de la nouvelle liaison.

(¹) Voyez mon *Traité de Mécanique*, t. II, n° 468.

Supposons les liaisons indépendantes du temps : le travail élémentaire de cette force de liaison, dans le déplacement réel, est alors

$$\lambda\left(\frac{\partial f}{\partial q'_1}q'_1+\frac{\partial f}{\partial q'_2}q'_2+\ldots+\frac{\partial f}{\partial q'_k}q'_k\right)dt,$$

ou, d'après le théorème des fonctions homogènes,

$$\lambda n f(q'_1, q'_2, \ldots, q'_k)\,dt,$$

c'est-à-dire *zéro*.

On pourra traiter de même le cas où il existerait plusieurs liaisons nouvelles de la forme (2).

Lorsqu'il existe des liaisons de cette nature spéciale, les conditions d'équilibre du système prennent une forme particulière que j'examinerai dans un Mémoire plus étendu. Ainsi, dans le cas où n est un entier positif *supérieur à* 1, et où la forme f est rationnelle et entière en $q'_1, q'_2, \ldots, q'_k$, si le système est en équilibre, les liaisons étant indépendantes du temps, les q' et les q'' sont *nuls*, et les équations (4) se réduisent à

$$Q_1=0,\qquad Q_2=0,\qquad \ldots,\qquad Q_k=0;$$

les termes en λ *disparaissent*, et les conditions d'équilibre sont les mêmes que si la liaison supplémentaire (2) n'existait pas.

II. Une méthode analogue peut s'appliquer à des liaisons plus générales, exprimées par des relations données, *de nature quelconque*, entre les paramètres q, leurs dérivées q' et le temps, non homogènes par rapport aux q'.

En présentant à l'Académie une Notice qu'il a rédigée « *Sur le nivellement des vallées des Alpes et sur le relevé et la publication des profils en long de cours d'eau* », M. **Ch. Lallemand** s'exprime ainsi :

« L'évaluation de l'énergie disponible dans un cours d'eau suppose la connaissance de deux facteurs, savoir : *le débit*, à l'étiage et en eau moyenne, et la *pente* ou hauteur de chute.

» Les débits se mesurent au moyen de jaugeages. Quant à l'appréciation des pentes, elle est subordonnée à la détermination préalable de l'altitude des points intéressants du profil. Les cartes actuelles étant par trop incomplètes, ou inexactes, pour fournir ces cotes avec une précision suffisante, une opération générale de nivellement apparaît, dès le début, comme l'une des conditions essentielles de toute étude hydrodynamique.

» Mais si la mesure des débits peut être, sans trop de difficultés, confiée aux agents locaux des Services publics, voire même à des industriels, la prompte création d'un vaste réseau de repères d'altitude, le long des cours d'eau de toutes catégories, exige, par contre, de puissants moyens d'action. Aussi, dès 1904, sur les propositions de MM. H. Tavernier et R. de la Brosse, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, chargés du recensement des forces hydrauliques dans les Alpes, le Ministre de l'Agriculture a-t-il demandé le concours du Service du Nivellement général de la France pour l'exécution des nivellements spéciaux dont il s'agit.

» Inaugurées en 1904, les opérations de terrain, depuis lors, se sont régulièrement poursuivies, chaque année, suivant un programme concerté entre les deux administrations. Ces travaux, toujours difficiles et souvent même dangereux, ont été exécutés sous la direction immédiate de M. E. Prévot, ingénieur des Ponts et Chaussées, adjoint au Directeur du Service du Nivellement général de la France, avec le concours de MM. Violon et Alépée, conducteurs; Gay, Morel et Guy, commis des Ponts et Chaussées, chefs des brigades d'opérations.

» A cette occasion, des études spéciales ont été faites sur la précision des nivellements éclimétriques : les résultats détaillés en seront publiés dans un Mémoire actuellement en préparation. La Notice que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau contient seulement, avec un aperçu de ces recherches et une description sommaire des méthodes et des instruments employés, quelques indications sur le Nivellement général de la France, dans les mailles duquel s'encadrent les lignes complémentaires d'étude des forces hydrauliques. L'état d'avancement de ces lignes et la liste des profils publiés de cours d'eau sont indiqués en annexe. »

MINÉRALOGIE. — *Les matériaux des éruptions explosives rhyolitiques et trachytiques du volcan du Mont-Dore.* Note de MM. **A. Michel Lévy** et **A. Lacroix.**

Malgré la multiplicité des coulées et des filons de composition variée qui ont rendu célèbre le massif volcanique du Mont-Dore, la plus grande masse de celui-ci est constituée par des matériaux de projection; ils se présentent parfois avec leur disposition originelle, mais plus souvent ils ont été remaniés par le ruissellement superficiel ou par des phénomènes torrentiels violents.

Depuis longtemps, l'un de nous a montré [1] que ces matériaux de projection, désignés sous le nom de *cinérites* à cause de la fréquence des lits de cendres fines, qui sont intercalés au milieu d'eux, devaient être divisés en deux séries successives : une cinérite supérieure, formant la plus grande partie du volcan, repose sur une cinérite inférieure recouvrant le granite aux environs de la Bourboule. Depuis lors, la grande extension vers l'Est de cette cinérite ancienne a pu être mise en évidence [2].

Le but de cette Note est de préciser le caractère de la cinérite supérieure et de montrer qu'on peut y reconnaître la trace d'au moins deux phases différentes de l'activité éruptive.

Phase des rhyolites. — La caractéristique minéralogique de la cinérite inférieure est de nature *rhyolitique.* Aux environs de la Bourboule, elle est remaniée ; les ponces blanches qui en constituent l'élément spécifique sont noyées, avec parfois des globules de perlite, dans une boue jaunâtre assez tenace, riche en fragments de granite, blocs de basalte, etc. Mais sur le flanc oriental du massif (Mareuges, Sailles, etc.), il existe des couches ponceuses incohérentes, formées essentiellement par des ponces et de la poussière ponceuse, avec du gravier granitique et des blocs ou fragments pierreux appartenant soit à des rhyolites sphérolitiques, soit à des trachytes souvent quartzifères, à comparer à celui [3] du funiculaire de la Bourboule. Ces ponces ont la même composition chimique que les rhyolites en coulées ; elles sont caractérisées par leur structure fibreuse, leur aspect soyeux et la rectilignité de leurs fibres atteignant toujours plusieurs centimètres de longueur. Elles sont à peu près exclusivement formées par du verre incolore.

Phase des ponces trachytiques. — La base de la cinérite supérieure est bien visible dans les vallées du Mont-Dore et surtout dans celle du ruisseau de Guéry. Elle aussi est d'ordinaire remaniée, bien qu'il existe également (route de Guéry) des masses épaisses non stratifiées, peu cohérentes, à peu près uniquement constituées par des ponces et comparables, au point de vue de leur disposition, aux agglomérations décrites plus haut. Les environs de Fougères, de la cascade de Queureuilh, la nouvelle route de Besse à la sortie du Mont-Dore, la route du lac de Guéry, les sentiers qui montent du Mont-Dore au Capucin et à Rigolet haut permettent d'étudier les diverses modalités du gisement de ces ponces : conglomérats boueux avec ponces

(1) Michel Lévy, *Bull. de la Soc. géol. de France*, t. XVIII, 1890, p. 688.
(2) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 778.
(3) A. Michel Lévy et A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1718.

disséminées, couches de ponces bien calibrées de dimensions variées, alternant avec lits de cendres fines bien stratifiées, etc. Aux environs de Fougères, se trouve notamment un conglomérat dans lequel les blocs de ponce atteignent la grosseur de la tête.

La caractéristique différentielle de ces ponces d'avec celles des rhyolites réside à la fois dans leur structure et dans leur composition chimique.

Elles sont *trachytiques;* elles ne sont pas fibreuses, mais boursouflées; leurs cavités ne sont pas cylindriques, mais irrégulières ou globuleuses : elles sont fragiles et tendres. L'examen microscopique y montre une très faible quantité de phénocristaux d'orthose, de biotite, d'augite de petites dimensions et des microlites filiformes d'orthose disséminés dans beaucoup de verre incolore.

Quant aux blocs de roches pierreuses associés à ces ponces et comparables à celles-ci au point de vue chimique, ils diffèrent aussi de ceux décrits plus haut dans les tufs rhyolitiques : ce sont des *trachytes à biotite* très leucocrates et des *trachytes phonolitiques* un peu augitiques; ces roches sont accompagnées par des blocs de basalte, d'andésite, de granite, etc.

Les analyses suivantes, faites par M. Pisani, à l'exception de la dernière due à M. Lassieur, mettent en évidence les analogies et les différences de composition chimique existant entre ces deux catégories de ponces :

	1° Ponces rhyolitiques.		2° Ponces trachytiques.			
	Sailles.	Ludières.	Rigolet.	Fougères.	Queureuilh.	Route de Guéry.
SiO^2..........	73,90	73,90	62,35	60,20	61,50	61,97
Al^2O^3.........	11,93	10,95	17,43	17,35	17,90	17,35
Fe^2O^3.........	0,15	0,08	1,56	1,76	0,86	1,41
FeO..........	1,87	1,06	0,81	0,82	1,44	0,78
MgO..........	0,13	1,08	0,95	0,79	0,53	tr.
CaO..........	0,34	1,58	1,77	0,98	1,29	1,45
Na^2O.........	4,10	4,08	3,22	3,50	3,20	2,49
K^2O..........	4,62	4.60	5,06	4,84	5,03	5,21
TiO^2..........	»	»	0,87	0,72	0,70	0,82
Perte au feu...	4,00	3,35	6,50	8,70	7,50	8,30
	100,04	100,65	100,52	99,66	99,95	99,78

Ces roches se rapportent, dans la classification chimico-minéralogique, à la liparose (I. 4.1.3), ou à la toscanose (I. 4.2.3) [1].

---

[1] Il faut rapporter à ce même groupe des ponces, d'aspect identique, se trouvant à la Chaux-Saint-Dierry, et qui se rapportent au groupe très voisin de la *phlégrose*

Les paramètres magmatiques sont alcalino-granitiques, méga-potassiques, magnésiens, magnésiens-ferriques et méso-calciques.

Le magma qui a été émis par les éruptions de ces deux premières phases a dû venir de la profondeur très rapidement et à une haute température, de telle sorte que toute cristallisation intratellurique a été impossible (ponces rhyolitiques) ou à peine indiquée (ponces trachytiques). Dans le cas du magma rhyolitique, il y a eu production de coulées de même composition que les ponces, alors que dans celui du magma trachytique il ne semble pas y avoir eu épanchement, aucun des trachytes en coulée analysé ne répondant strictement à la composition chimique de ces ponces trachytiques.

Phase des trachytes et des trachy-andésites à grands cristaux. — Dans la partie centrale du massif, sur toutes les hauteurs du Sancy et des crêtes qui en descendent, les épaisses coulées de trachytes et de trachy-andésites sont accompagnées de matériaux projetés.

On n'y trouve plus de ponces proprement dites : ou bien, les explosions, qui ont été certainement vulcaniennes, n'ont rejeté que des fragments déjà consolidés et brisés en morceaux anguleux dont l'agglomération a formé les brèches très visibles au puy Ferrand et au Sancy; ou bien elles ont expulsé du magma encore visqueux, mais déjà très riche en phénocristaux et particulièrement en gros cristaux de sanidine, qui abondent aussi à l'état isolé au milieu des cendres (les Egravats, Riveau-Grand, etc.). Ces cendres contiennent du verre boursouflé plutôt que filé, à aspect souvent plus scoriacé que ponceux : il renferme ou non des microlites.

Quant aux blocs qui accompagnent ces matériaux incohérents, ils sont presque exclusivement constitués par le trachyte ou la trachy-andésite des coulées avoisinantes.

A l'inverse de ce qui a eu lieu dans les phases précédentes, le magma de la dernière phase trachytique a subi une lente élaboration en profondeur, qui a permis d'abondantes cristallisations intratelluriques d'orthose : à ce point de vue, il n'y a pas de différence entre les matériaux de projection à pâte vitreuse et les portions de magma épanchées sous forme de coulées épaisses dans lesquelles la pâte a pu prendre une structure assez cristalline. Au point de vue chimico-minéralogique, ces matériaux appartiennent à la *pulaskose* (I.5.2.3) ou à l'*akérose* (II.5.2.4); les diffé-

(I.5.1.3) : elles sont accompagnées par des blocs de trachytes phonolitiques se distinguant de ceux des tufs précédents par la présence de phénocristaux d'haüyne (voir l'analyse *in* A. LACROIX, *op. cit.*, 1908).

rences de structure et de composition minéralogique que les portions ponceuses présentent avec les ponces trachytiques de la phase précédente, sont dues beaucoup plutôt à la façon dont le magma est venu au jour qu'à sa composition intrinsèque.

L'évidence du caractère vulcanien de cette phase de l'activité du volcan est mise en évidence par les accumulations de cendres et de blocs non stratifiés, accompagnés de petites bombes en croûte de pain qui se rencontrent dans les hauteurs de Riveau-Grand; elles présentent exactement la même disposition que les brèches d'avalanches sèches du Vésuve en 1906.

Rappelons en terminant qu'au point de vue chimique il convient de faire ressortir que la moyenne des éruptions du Mont-Dore est syénitique, mésopotassique, magnésienne-ferrique et méso-calcique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les phénomènes d'épuration des eaux d'égout par le sol et par les lits bactériens.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé.**

Les deux modes d'épuration des eaux résiduaires, celui par l'épandage sur les terres et celui par le passage sur des lits bactériens constitués artificiellement, sont regardés comme ayant un processus identique, avec cette seule différence que l'action épurante est exaltée sur les derniers, qui, sur une surface très restreinte, conduisent à un résultat analogue à celui pour léquel il faudrait de grandes surfaces de terrains.

C'est à la nitrification proprement dite des matières azotées, principales causes d'infection, qu'on était porté à attribuer la part prépondérante, sinon exclusive, dans le processus de l'épuration.

Dans une Note récente ([1]), nous avons montré que, tout au moins dans les lits bactériens, c'est à des faits de combustion directe, produits par les microorganismes banaux de la destruction de la matière organique, que revient la principale part dans l'épuration, et que la nitrification ne se place qu'au second plan.

En est-il de même dans la terre, et l'assimilation de ces deux modes d'épuration est-elle exacte?

Nous avons pensé que cette question ne pouvait être résolue que par l'expérimentation directe et, en raison de l'importance qu'elle présente, tant au point de vue philosophique qu'à celui de l'application aux faits cultu-

([1]) *Comptes rendus*, t. 142, p. 822.

raux, nous n'avons pas hésité à entreprendre de laborieuses et délicates recherches pour comparer l'épuration biologique à l'épuration par la terre.

Étant bien fixés, par de nombreuses observations toutes concordantes, sur le processus de l'épuration sur les lits bactériens, nous avons entrepris sur la terre une série de recherches analogues, en nous plaçant dans les conditions de l'épandage agricole.

Le problème à résoudre nous a paru devoir se circonscrire aux transformations de l'azote, qui constituent le fait essentiel et le plus saillant des fonctions épurantes et qui en mesurent l'intensité. Ayant démontré que sur les lits bactériens l'azote se dégageait en majeure partie à l'état gazeux par une combustion directe et se transformait en moindre partie en azotates par la nitrification, nous avons cherché si dans la terre il en était également ainsi.

Voici le mode opératoire que nous avons adopté :

Dans de grandes caisses en tôle galvanisée, de 1^{m} de hauteur, nous avons placé des poids rigoureusement connus d'une terre franche, assez perméable, se prêtant bien à l'épandage et à l'épuration. Cette terre restait nue, c'est-à-dire sans végétation. L'azote y était dosé au préalable avec la plus grande précision réalisable. Pui s, l'arrosage y était fait toutes les semaines, dans les conditions de la pratique agricole, avec une quantité d'eau d'égout correspondant à 40000^{m^3} par an et par hectare.

L'eau d'égout introduite et l'eau de drainage recueillie étaient soigneusement analysées, particulièrement au point de vue de leur teneur en azote.

A la fin de l'expérience, qui a été poursuivie régulièrement pendant 6 mois et demi, on déterminait de nouveau, avec les mêmes précautions, la proportion d'azote dans la terre. On avait ainsi tous les éléments pour déterminer les formes des transformations de l'azote et, en particulier, si le fait de sa déperdition se produisait comme sur les lits bactériens, en un mot pour savoir si l'épuration dans la terre était essentiellement une nitrification ou si d'autres fonctions intervenaient activement. Mais ce qui rendait ces recherches particulièrement difficiles, c'était la détermination rigoureuse de l'azote dans la terre. Cette dernière, en effet, apportait une masse d'azote énorme, comparativement à celle que l'eau d'égout fournissait elle-même. Les moindres erreurs dans l'analyse de la terre se reportaient donc sur les chiffres qu'on cherchait à dégager et pouvaient en altérer le sens. Déjà, M. Th. Schlœsing fils s'était trouvé en présence de difficultés analogues, dans ses belles recherches sur la fixation de l'azote libre par les plantes (1).

Les difficultés que nous avions à vaincre étaient plus grandes encore, à cause de la quantité de terre que nous avions à mettre en œuvre. Ne pou-

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1892, p. 65.

vant opérer, pour la détermination analytique, que sur un poids réduit de terre (vers 50^{g} en général), nous étions obligés de multiplier le résultat analytique par un chiffre très élevé, soit environ 10000, puisque nous opérions sur plus de 500^{kg} de terre, les erreurs d'analyse se trouvaient multipliées par 10000 également et pouvaient être du même ordre de grandeur que les différences que nous cherchions à constater.

Une cause d'erreur des plus grandes est le manque d'homogénéité des terres; celles-ci sont constituées par des éléments hétérogènes, particules de dimensions très différentes, depuis les sables grossiers, jusqu'aux matières impalpables, débris organiques de toutes les dimensions.

Il est impossible d'opérer un mélange parfait de ces matériaux, puisque ceux-ci se séparent au plus petit choc, les éléments fins se réunissant d'un côté, les éléments grossiers de l'autre, les débris organiques se concentrant dans les couches supérieures. Comment prélever un échantillon moyen, représentant l'ensemble de la masse en expérience, dans ce milieu dont les particules se séparent d'autant plus qu'on cherche à les répartir plus uniformément. Nous y avons vu une impossibilité absolue en opérant sur la terre sèche, comme on l'a toujours fait. Mais nous avons pu surmonter cette difficulté majeure en manipulant non la terre sèche, mais la terre suffisamment humidifiée pour que toutes ses parties restent agglomérées et ne se séparent plus; on peut alors rendre le mélange intime par un malaxage prolongé et obtenir une homogénéité parfaite de l'ensemble de la masse en expérience.

C'est sur ce lot humide qu'on prend le poids de matière nécessaire à l'analyse. On le dessèche avant de l'introduire dans le tube à combustion.

La terre étant assez riche en azote, on ne pouvait opérer que sur un poids voisin de 50^{g}, la combustion se faisait, avec une grande lenteur, dans un long tube en verre d'Iéna. L'azote recueilli était rigoureusement mesuré et examiné au point de vue de sa pureté. Les grandes précautions prises permettaient une précision suffisante pour la solution du problème cherché.

Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats obtenus dans deux bacs identiques, remplis de quantités égales de la même terre :

	Bac n° 1.	Bac n° 2.
Poids de terre sèche..................	535^{kg},47	536^{kg},208
Azote calculé d'après les dosages.......	668^{g},266	664^{g},362
Moyenne de l'azote par bac............	666^{g},314	

L'écart entre les résultats trouvés est de 3^{g},904 sur une quantité moyenne de 666^{g},314, soit de 0,58 pour 100 de l'azote total, chiffre que nous regardons comme la limite d'erreur possible au cours de nos opérations.

L'un des bacs a reçu, dans l'espace de 6 mois et demi, 1206^l,52 d'eau d'égout qui ont apporté à la terre :

Azote ammoniacal	26^g,078	Azote total...	67^g,388
Azote organique en solution	9,238		
Azote organique en suspension	31,189		
Azote nitrique	0,883		
Azote apporté par 298^l d'eau de pluie			0^g,298

On a recueilli 1217^l,03 d'eau de drainage qui contenaient :

Azote ammoniacal	0^g,0487	Azote total...	50^g,8384
» organique	3,7112		
» nitrique	47,0785		

A la fin de l'expérience, la terre a été analysée comme elle l'avait été au début. Nous avions donc tous les éléments pour faire le bilan de l'azote, qui s'établit comme suit :

Azote apporté.		Azote retrouvé.	
Par la terre	664^g,362	Dans la terre	670^g,182
Par l'eau d'égout	67,388	Dans l'eau de drainage	50,838
Par l'eau de pluie	0,298		
Totaux	732,048		721,020

Nous avons donc une perte d'azote de 11^g,028, perte manifeste et bien supérieure aux erreurs possibles; elle est de 1,52 pour 100 de l'azote total mis en œuvre.

Pour le bac qui n'a pas reçu d'eau d'égout, le bilan s'établit comme suit :

Azote apporté.		Azote retrouvé.	
Par la terre	668^g,266	Dans la terre	658^g,207
Par les eaux pluviales	0,298	Dans l'eau de drainage	10,543
Totaux	668,564		668,750
Gain d'azote	0^g,186		

On voit donc que la terre non arrosée d'eau d'égout n'a ni gagné, ni perdu d'azote, car la faible différence trouvée est inférieure aux erreurs possibles.

Ceci montre que ce n'est pas l'azote de la terre qui s'est déperdu à l'état gazeux dans le cours de l'arrosage, mais bien celui de l'eau d'égout et si nous rapportons les 11^g,028 de perte d'azote aux 67^g,388 apportés par l'eau

d'égout, c'est 16,36 pour 100 de cet azote qui ont été éliminés au cours de l'arrosage de la terre, tandis que sur les lits bactériens c'est environ 60 pour 100 d'azote qui s'éliminent à l'état gazeux.

Les deux modes d'épuration, par les lits bactériens et par l'épandage agricole, diffèrent donc considérablement. Dans le premier, l'action des organismes habituels de combustion de la matière organique est prépondérante; la nitrification est un phénomène secondaire. Dans la terre, au contraire, la nitrification est prédominante de beaucoup et l'action, sur les composés azotés, des vulgaires organismes de destruction de la matière organique est extrêmement réduite.

La terre constitue donc un milieu nitrificateur incomparablement supérieur aux lits bactériens artificiels et l'allure générale du phénomène est tout autre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates des fluorures de rubidium et de cæsium.* Note de M. DE FORCRAND.

I. *Fluorure de rubidium.* — La dissolution saturée tiède laisse déposer, par refroidissement, des cristaux en aiguilles transparentes. Les eaux mères, vers $+18^{\circ}$, ont alors pour composition : $RbF + 4,44 H^2O$. Les cristaux, étalés sur des lames de platine placées sous cloche sèche, forment peu à peu une masse dure, translucide, qu'il faut couper en fragments pour activer la dessiccation. Lorsque celle-ci est complète, la matière ne présente que quelques points blancs d'efflorescence, même si l'on dessèche avec la neige phosphorique, mais à la pression ordinaire. La composition de cet hydrate est : $RbF + 1,5 H^2O$ (ou $2RbF + 3H^2O$). Il fond à $+36^{\circ}$.

Sa chaleur de dissolution, à $+15^{\circ}$, rapportée à RbF, est de $-0^{Cal},62$.

Ce composé, très hygroscopique, est réduit en poudre et abandonné dans une cloche en présence de neige phosphorique, *dans le vide*. L'efflorescence se produit alors, la poudre devient tout à fait blanche, mais la déshydratation se poursuit lentement, et il faut plusieurs semaines pour qu'on arrive à une limite, laquelle correspond à un nouvel hydrate : $RbF + \frac{1}{3}H^2O$ (ou $3RbF + H^2O$). Il m'a semblé que la déshydratation s'effectuait sans arrêt, et que, par suite, il n'y a pas de composé intermédiaire.

La chaleur de dissolution, à $+15^{\circ}$, de ce second hydrate est de $+3^{Cal},76$, rapportée à RbF. Il est extraordinairement avide d'eau.

II. *Fluorure de cæsium.* — La dissolution de ce sel, concentrée à froid jusqu'à ce que son volume ne diminue plus, peut rester longtemps dans cet état, à l'abri de l'air humide. Mais si l'on vient à agiter le liquide sirupeux, il se prend en une masse de cristaux translucides ne donnant que très peu d'eaux mères. On recueille et l'on dessèche les cristaux comme ceux du $RbF + 1{,}5H^2O$ auxquels ils ressemblent tout à fait. L'eau mère, à $+18°$, a pour composition : $CsF + 2{,}3H^2O$; les cristaux sont, comme dans le cas du rubidium : $CsF + 1{,}5H^2O$. Leur chaleur de dissolution, à $+15°$, rapportée à CsF, est de $+0^{Cal},99$ (1).

Cet hydrate, très avide d'eau, est abandonné ensuite sous cloche, *dans le vide*, en présence de neige phosphorique, qu'on doit renouveler fréquemment. Il perd peu à peu de l'eau, et la composition du produit se fixe, au bout de quelques semaines, à la limite $CsF + \frac{2}{3}H^2O$, soit : $3CsF + 2H^2O$.

Ainsi la limite n'est pas la même pour le fluorure de rubidium et pour celui de cæsium : $\frac{1}{3}$ de H^2O dans le premier cas, $\frac{2}{3}$ dans le second.

Ces composés étant très avides d'eau, on ne peut guère les manier à l'air et les peser commodément; on s'assure que la limite est atteinte lorsque la neige phosphorique récente ne change plus du tout d'aspect, même au bout de plusieurs jours.

La chaleur de dissolution de $CsF + \frac{2}{3}H^2O$, rapportée à CsF, est de $+4^{Cal},23$ à $+15°$.

Il est d'ailleurs certain qu'il n'y a pas d'hydrate intermédiaire, car un produit ayant pour composition : $CsF + 1H^2O$ environ, m'a donné la même chaleur de dissolution qu'un mélange des deux hydrates.

III. *Résumé.* — Ces résultats peuvent être présentés dans le Tableau ci-après, où j'ai fait figurer, à titre de comparaison, les nombres obtenus précédemment pour le fluorure de potassium.

On voit tout de suite que la stabilité des hydrates va en augmentant de K à Cs, et comme celle des hydrates de fluorure de potassium est assez faible, il est bien peu probable que le fluorure de sodium puisse s'hydrater.

On constate en outre que, dans cette *triade :* K, Rb, Cs, nous ne retrouvons plus cette régularité dans les variations des propriétés, qui était si frappante à beaucoup d'autres points de vue et autorisait à penser que les

(1) Je n'ai pu déterminer sa température de fusion, qui est plus élevée que celle de l'hydrate à $1{,}5H^2O$ du fluorure de rubidium, parce que, chauffé au-dessus de 50°, il attaque le verre.

caractères des combinaisons du rubidium pouvaient se déduire par un simple calcul de moyenne.

Ici le potassium est tout à fait à part, par la composition des hydrates de fluorure et par leur stabilité faible; le rubidium et le cæsium sont aussi voisins que possible. On remarquera notamment que la stabilité (et par suite la température d'ébullition) des deux hydrates successifs de RbF et CsF est presque exactement la même :

	KF.	RbF.	CsF.
Composition de la dissolution aqueuse saturée	$KF + 5,76\,H^2O$ (1) $KF + 3,90\,H^2O$ (1)	$RbF + 4,44\,H^2O$ (2)	$CsF + 2,30\,H^2O$ (2)
Chaleur de dissolution du sel anhydre	$+4^{Cal},10$	$+5^{Cal},80$	$+8^{Cal},37$
Formules des deux hydrates successifs	$KF + 2\,H^2O$ $KF + 4\,H^2O$	$RbF + \frac{1}{3}\,H^2O$ $RbF + 1,5\,H^2O$	$CsF + \frac{2}{3}\,H^2O$ $CsF + 1,5\,H^2O$
Chaleur de dissolution de l'hydrate le moins hydraté	$-2^{Cal},14$	$+3^{Cal},76$	$+4^{Cal},23$
Chaleur de dissolution de l'hydrate le plus hydraté	$-6^{Cal},16$	$-0^{Cal},62$	$+0^{Cal},99$
Chaleur dégagée par la fixation d'une molécule d'eau solide.			
a. Sur le sel anhydre pour donner l'hydrate le moins hydraté	$+1^{Cal},69$	$+4^{Cal},69$	$+4^{Cal},79$
b. Sur l'hydrate le moins hydraté pour donner l'autre hydrate	$+0^{Cal},58$	$+2^{Cal},35$	$+2^{Cal},46$
Température de dissociation, en degrés centigrades.			
a. De l'hydrate le moins hydraté.	$+157$	$+256$	$+260$
b. De l'hydrate le plus hydraté.	$+119$	$+178$	$+182$

Pour chacun des deux fluorures la stabilité des deux hydrates varie dans le même rapport : 4,69 à 2,35 et 4,79 à 2,46.

Les nombres obtenus expliquent bien que les hydrates de fluorure de potassium s'effleurissent complètement et donnent le sel anhydre dans le vide sec, à froid. Les hydrates : $RbF + 1,5\,H^2O$ et $CsF + 1,5\,H^2O$ ne perdent de l'eau que très lentement par l'action prolongée du vide, en présence de neige phosphorique, et ils donnent des hydrates inférieurs qui ne s'altèrent pas sensiblement dans ces conditions; pour avoir ces deux der-

(1) Suivant que les cristaux qui se déposent sont à 4 ou 2 H^2O.

(2) En présence de cristaux à 1,5 H^2O.

niers fluorures anhydres il faut chauffer vers 180° à 200° dans un courant d'hydrogène sec.

Déjà plusieurs fois, et toujours à propos de l'hydratation de leurs combinaisons, j'ai signalé que l'un de ces métaux s'écarte un peu des deux autres; ainsi les carbonates neutres de potassium et de rubidium fournissent un hydrure à $1,5H^2O$, et celui de cæsium une combinaison à $3,5H^2O$; de même les deux premières bases forment un bihydrate : $RbOH, 2H^2O$ et $KOH, 2H^2O$, tandis que la cæsine n'en donne pas. Ainsi, au point de vue de l'hydratation de ses combinaisons, le rubidium se rapproche tantôt du potassium, tantôt du cæsium, et ses propriétés ne sont plus exactement intermédiaires.

J'ai entrepris un travail du même genre, et qui conduit à des résultats analogues sur les fluorhydrates de fluorures alcalins.

Au sujet de ces recherches, je signalerai quelques précautions à prendre pour effectuer le dosage de ces métaux alcalins à l'état de sulfates, par l'action d'un excès d'acide sulfurique et calcination. Il y a certaines causes d'erreur qu'il faut connaître. Le sulfate de potassium, qui fond à 1060°, peut être porté sans danger à la température donnée par la *lampe d'émailleur* de nos laboratoires; dans ces conditions sa volatilité est inappréciable, et il est utile de le faire fondre complètement pour détruire les dernières traces du bisulfate. Le sulfate de cæsium, qui fond vers 1000°, ne supporte pas cette épreuve et se volatilise sensiblement à la lampe d'émailleur; le mieux est de chauffer seulement vers 1000°, au moyen d'un bec Bunsen; au bout de 5 minutes (pour un poids de matière de quelques décigrammes) le bisulfate est à peu près détruit; on pèse et on chauffe de nouveau pendant 5 minutes; la seconde pesée accuse une différence de poids presque insignifiante; une troisième opération donne exactement le même poids; ce qui prouve qu'à 1000° le sulfate neutre n'est pas volatil. On s'assure d'ailleurs que le produit final est complètement neutre à la phtaléine. Il doit former un enduit blanc, boursouflé, fondu seulement sur les bords de la capsule et par place.

Pour le rubidium, dont le sulfate neutre a une fusibilité intermédiaire (entre 1060° et 1000°) et qui se volatilise aussi un peu à la lampe d'émailleur, il est prudent d'opérer comme pour le cæsium.

J'ajoute que le sulfate neutre de cæsium est un peu hygroscopique; par des temps très humides il est même tout à fait déliquescent; on doit donc le peser rapidement. Cette dernière cause d'erreur n'existe pas pour les deux autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de l'acide formique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

L'étude de l'éthérification directe des acides forméniques par catalyse sur certains oxydes (¹) nous a conduits à étudier le dédoublement catalytique de l'acide formique.

Les faits déjà connus sur sa décomposition et les analogies indiquent que ce dédoublement pourra s'effectuer selon trois réactions distinctes :

(1) $$HCO^2H = CO^2 + H^2,$$

(2) $$HCO^2H = CO + H^2O,$$

(3) $$2(HCO^2H) = \underbrace{HCOH}_{\text{Méthanal.}} + CO^2 + H^2O.$$

La réaction (1) est réalisée à froid par le noir de rhodium, ou au-dessus de 175° par la mousse de platine.

La réaction (2), qui est une déshydratation, est accomplie facilement par les matières avides d'eau (acide sulfurique au-dessous de 100°, acide oxalique sec au-dessus de 105°, etc.).

Quant à la réaction (3), elle est semblable à celle qui fournit les cétones symétriques à partir des acides forméniques. La calcination du formiate de calcium fournissant effectivement du méthanal, on peut prévoir que certains oxydes catalyseurs conduiront au même résultat.

La présence d'un catalyseur déterminé aura pour effet d'orienter le dédoublement de l'acide formique, soit dans un sens unique, soit à la fois dans plusieurs sens, tout en abaissant la température du dédoublement.

Nous avons opéré sur un débit d'acide formique d'environ $0^g,27$ par minute. Les vapeurs d'acide étaient dirigées sur une traînée de $0^m,50$ du catalyseur, disposée dans un tube horizontal en verre d'Iéna, chauffé à température connue.

Les divers résultats observés successivement avec les substances étudiées, seront indiqués ultérieurement dans une publication plus étendue. Nous nous bornons à en extraire un petit nombre, permettant de dégager quelques conclusions générales (²).

(¹) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1044.

(²) Il est impossible de savoir quelle serait la nature du dédoublement effectué par la chaleur seule en l'absence de toute matière catalysante, puisque nous avons reconnu que les diverses substances formant les vases où l'on opère, verres, porcelaines, ou métaux, possèdent toutes une activité catalytique plus ou moins marquée.

Les catalyseurs étudiés (métaux divisés et oxydes) peuvent être rangés dans trois groupes distincts.

1° *Catalyseurs déshydrogénants.* — Ce sont ceux qui fournissent, exclusivement ou à peu près, la réaction (1), sans doute parce qu'ils donnent lieu à une combinaison temporaire avec l'un des produits du dédoublement, hydrogène et anhydride carbonique. Le *palladium* (mousse) agit déjà à 110°, et, à 245°, produit une destruction totale de l'acide.

Le *platine* (mousse) dédouble à partir de 120°; la destruction est totale à 215°.

Le *cuivre* réduit (léger) dégage par minute à 190° : 278^{cm^3} de gaz.

Le *nickel* réduit dégage par minute à 280° : 290^{cm^3} de gaz.

Le *cadmium* réduit dégage par minute à 280° : 325^{cm^3} de gaz.

L'*oxyde de zinc* commence son action vers 190°; à 230°, il dégage 192^{cm^3} de gaz par minute.

L'*oxyde stanneux* agit au-dessus de 150°; à 285°, il dégage 172^{cm^3} de gaz et se trouve lentement réduit en petits globules d'étain.

La formation accessoire de méthanal [réaction (3)] est très faible, surtout avec les métaux.

2° *Catalyseurs déshydratants.* — La réaction (2) est fournie exclusivement au-dessus de 170° par l'*oxyde titanique* TiO^2, qui, à 320°, donne, par minute, 180^{cm^3} d'oxyde de carbone sensiblement pur. Il en est de même avec l'*oxyde bleu de tungstène* Tu^2O^5.

La réaction est dirigée dans le même sens, mais avec une certaine intervention de la réaction (3), production de méthanal corrélative de la présence d'anhydride carbonique *sans hydrogène*, par la *silice*, la *zircone*, l'*alumine*, l'*oxyde uraneux* UO^2.

Avec l'alumine, le dédoublement qui commence vers 235°, fournit de l'oxyde de carbone renfermant 6 pour 100 d'anhydride carbonique. A 340°, le dégagement atteint par minute 192^{cm^3}, mais le gaz contient alors un peu d'hydrogène provenant de la destruction partielle du méthanal.

Ce dernier est fourni plus abondamment encore par l'oxyde uraneux, qui, à 230°, donne un gaz renfermant 14 pour 100 d'anhydride carbonique, sans hydrogène.

3° *Catalyseurs mixtes.* — Ce sont ceux, les plus nombreux de tous, où les trois réactions (1), (2) et (3) sont produites à la fois.

C'est ce qui a lieu, par exemple, avec l'*oxyde de thorium*. Le dédouble-

ment, manifesté par un dégagement gazeux, commence vers 230°; il est encore très lent à 150°, et fournit un gaz qui contient pour 100 volumes :

Oxyde de carbone	75^{vol}
Anhydride carbonique	15
Hydrogène	10

Le liquide condensé renferme du méthanal. Ces nombres montrent que sur 100 molécules d'acide dédoublées, 79 ont subi la réaction (2), les 21 autres ayant, par moitié, subi la réaction (1) et la réaction (3).

L'élévation de température modifie les conditions du dédoublement, qui s'accélère de plus en plus. A 320°, le dégagement atteint 120^{cm^3} par minute : la proportion d'anhydride carbonique est devenue bien plus forte (45 pour 100). Le liquide condensé contient une proportion notable de *méthylal*, qui résulte d'une formation secondaire d'*alcool méthylique*, déjà signalée par divers auteurs dans les produits de calcination du formiate de calcium :

$$\underbrace{HCO^2H}_{\text{acide formique}} + \underbrace{HCOH}_{\text{méthanal}} = CO^2 + \underbrace{CH^3OH}_{\text{méthanol}}.$$

L'importance de cette production d'alcool méthylique s'accroît au-dessus de 350°, et comme le méthanal est alors partiellement dédoublé en oxyde de carbone et hydrogène, la proportion de ce dernier gaz s'accroît dans le mélange gazeux, où, au contraire, celle d'anhydride carbonique s'abaisse. A 375°, on obtient, par minute, 144^{cm^3} de gaz ayant seulement pour 100, 35^{vol} d'anhydride carbonique. Le liquide recueilli distille à partir de 80° : les premières portions chauffées avec un mélange d'acide borique et d'acide sulfurique fournissent des vapeurs qui brûlent avec une belle flamme verte, réaction caractéristique de la présence d'alcool.

Pour certains catalyseurs mixtes, la réaction (1) prédomine : c'est ce qui a lieu pour l'*oxyde bleu de molybdène* Mo^2O^5, la *chaux*, l'*oxyde ferreux*, et aussi le *verre d'Iéna*. Un tube vide en verre d'Iéna ne fournit au-dessous de 300° qu'une destruction négligeable; à 340°, on recueille par minute 2^{cm^3},6 de gaz, renfermant quelques centièmes d'oxyde de carbone. La réaction (1) domine beaucoup.

Les deux réactions (1) et (2) ont à peu près la même importance pour le *verre blanc ordinaire*.

La réaction (2) de déshydratation est au contraire dominante, comme l'indique la proportion d'anhydride carbonique inférieure à 33 pour 100,

avec un assez grand nombre de substances d'activités absolues, d'ailleurs très inégales, savoir :

Ponce pulvérisée	à 340°	dégage	4^{cm^3}	par minute.
Magnésie	—	—	10	—
Charbon de bois léger	—	—	95	—
Oxyde chromique	—	—	150	—
Oxyde noir de vanadium	—	—	215	—
Oxyde manganeux	—	—	225	—
Oxyde de glucinium	—	—	250	—

La réaction (3) existe toujours plus ou moins dans ces divers cas.

On voit que le dédoublement catalytique de l'acide formique est, à des températures identiques, dirigé dans des sens absolument différents selon la nature du catalyseur. Un tel résultat ne peut se concilier avec l'idée qu'un catalyseur aurait seulement pour effet d'abaisser la température d'une réaction qu'accomplirait la chaleur seule. La nature chimique du catalyseur exerce une action décisive dont on ne peut guère trouver l'explication que dans des combinaisons temporaires, quoiqu'il puisse être, dans certains cas, difficile d'en préciser la vraie nature.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine du carbone assimilé par les plantes.* Note de M. **L. Cailletet.**

On admet généralement que les plantes à chlorophylle décomposent l'acide carbonique de l'air, sous l'influence de la lumière, en rejetant l'oxygène et en fixant le carbone qui concourt à leur développement. Cette dissociation nécessite sinon l'action directe des rayons solaires, au moins une lumière diffuse, dont l'intensité semble varier avec les diverses plantes en expérience.

Nous voyons cependant un grand nombre de végétaux vivre dans des milieux peu éclairés où, la respiration l'emportant sur la décomposition de l'acide carbonique, il n'y a pas de dégagement d'oxygène (1).

(1) M. Mazé, chef du Service de Chimie agricole à l'Institut Pasteur, a bien voulu répéter mes expériences à l'effet de les contrôler ; il a constaté, ainsi que je l'avais fait déjà, que les feuilles vertes d'*Aspidistra* placées dans un mélange d'air et d'acide carbonique, et exposées pendant 6 heures à une lumière diffuse plus vive que celle qui permet à ces plantes de végéter normalement, non seulement n'ont pas décomposé l'acide carbonique, mais ont absorbé environ un tiers de l'oxygène contenu dans le mélange gazeux.

Les Fougères qui croissent à l'ombre des forêts, les *Aspidistra* et diverses plantes dont nous ornons nos serres et nos habitations sont dans ce cas.

Alors même que ces végétaux décomposeraient un volume d'acide carbonique assez faible pour échapper à l'analyse, la quantité de carbone qui en proviendrait serait sans doute insuffisante pour assurer leur développement.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Costantin, professeur de Culture au Muséum, entreprendre dans une des serres tempérées du Jardin des Plantes, trois séries d'expériences dans le but de savoir : si des Fougères végétant dans un sol privé d'engrais organiques et placées dans un milieu faiblement éclairé, décomposent l'acide carbonique de l'air pour vivre et se développer.

A cet effet, j'ai planté des Fougères du genre *Adiantum* dans du sable siliceux préalablement calciné et mélangé à de la cendre provenant des mêmes Fougères. Les pots, au nombre de neuf pour chaque série, ont été placés sous les tablettes de la serre, où croissaient spontanément des *Adiantum* semblables à ceux de mes expériences, et cela dans une lumière sensiblement atténuée.

Les arrosages ont été faits avec de l'eau pure additionnée de faibles quantités de phosphate, de nitrate d'ammoniaque et de potasse. J'ai constaté, après quelques semaines, que les Fougères qui avaient d'abord végété, grâce sans doute à leurs propres réserves, sans donner de pousses nouvelles, se sont successivement desséchées, tandis que les *Adiantum témoins*, dans leur sol formé de terreau et de terre de bruyère, se sont amplement développés.

C'est donc dans les matières organiques renfermées dans le sol que ces végétaux puisent leur carbone, ainsi que le font certains champignons, qui, dans une obscurité absolue, vivent aux dépens des matières animales et végétales en voie de décomposition.

On sait déjà, par les expériences de M. Mazé, de M. Molliard et de plusieurs physiologistes, que les plantes peuvent absorber par leurs racines divers hydrocarbures et sans doute aussi les composés humiques renfermés dans le sol.

Les plantes à chlorophylle, sur lesquelles j'ai opéré, semblent donc, suivant les conditions d'éclairage, jouir de la propriété d'emprunter leur carbone soit à l'acide carbonique de l'air, soit aux engrais organiques contenus dans le sol, soit à ces deux sources à la fois.

C'est là un nouvel exemple d'une fonction qui peut s'accomplir chez les végétaux avec le concours de deux organes différents.

Ainsi, j'ai démontré autrefois que l'absorption de l'eau liquide peut se faire soit par les feuilles, soit par les racines, suivant les conditions où se trouvent les plantes soumises à expérience ([1]).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de deux membres qui seront chargés de la vérification des comptes de l'année 1910.

MM. **Zeiller** et **Deslandres**, réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

MM. **A. Haller** et **H. Le Chatelier** sont désignés à M. le Ministre de l'Instruction publique pour représenter son Département au *Congrès international de Chimie appliquée*, qui se tiendra à Washington et à New-York, en septembre 1912.

M. le **Président du Comité d'organisation du Congrès du Millénaire Normand**, qui se tiendra à Rouen, du 6 au 10 juin 1911, invite l'Académie à s'y faire représenter par un ou plusieurs de ses Membres.

L'Académie délègue MM. **Labbé** et **Lecornu**.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la place d'Astronome titulaire, vacante à l'Observatoire de Paris par suite du décès de M. *Leveau*.

([1]) *Comptes rendus*, t. 63.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

MM. Simonin	obtient	....	44 suffrages
Fayet	»	....	1 suffrage
Mascart	»	....	1 »
Nordmann	»	....	1 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 33,

MM. Fayet	obtient	....	32 suffrages
Nordmann	»	....	1 suffrage

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne	MM. SIMONIN
En seconde ligne	FAYET

CORRESPONDANCE.

M. ÉMILE BOURGEOIS, Administrateur de la Manufacture nationale de Sèvres, fait remettre à l'Académie, en souvenir des fêtes du centenaire de *Victor Regnault*, un médaillon de l'illustre physicien, qui fut pendant dix-sept années l'Administrateur de la Manufacture.

Des remercîments seront adressés à M. *Émile Bourgeois*.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Précis d'Optique*, publié d'après l'Ouvrage de PAUL DRUDE, refondu et complété par MARCEL BOLL, avec une préface de M. P. LANGEVIN. Tome I : *Optique géométrique*. *Optique ondulatoire*. (Présenté par M. Lippmann.)

2° Le Tome III des *Opere matematiche di* EUGENIO BELTRAMI.

3° Le Tome III (Volume IV) du *Système silurien de la Bohème*, par J. BARRANDE.

4° *Histoire critique de la grande entreprise de Christophe Colomb*, par HENRY VIGNAUD. (Présenté par M. Grandidier.)

5° Plusieurs fascicules de la publication du SERVICE D'ÉTUDES DES GRANDES FORCES HYDRAULIQUES (*Région des Alpes*) et diverses brochures de M. R. DE LA BROSSE. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE DE SITUATION. — *Sur les surfaces cubiques simples.* Note de M. C. JUEL.

La théorie des droites situées sur une surface algébrique du troisième degré est très connue, mais il semble qu'on n'ait pas remarqué que cette théorie, tant qu'il s'agit d'éléments réels, est tout à fait indépendante du caractère algébrique de la surface. Désignons par *une surface simple* une surface continue et fermée (dans le sens projectif) dont les plans tangents et les rayons de courbure principaux varient d'une manière continue le long de la surface, et par son *ordre* le nombre maximum de ses points d'intersection avec une droite; alors on aura le théorème suivant :

Une surface simple de troisième ordre sans points doubles et non réglée contiendra toujours 3 *ou* 7 *ou* 15 *ou* 21 *droites.*

On commence par établir que la surface contient au moins une droite. Il résulte en effet de l'imparité de l'ordre de la surface gauche, lieu des droites qui rencontrent en des points distincts trois sections planes, qu'elle est coupée par une quatrième section plane en un nombre impair de points ne se trouvant pas sur les sections données.

Soit a une telle droite. Alors nous considérons le contour ω de la projection de la surface F^3 sur un plan π, le centre de projection étant pris dans un point P de ω. Cette courbe sera de l'ordre 2 ou 4; car, par un point P arbitraire d'une courbe plane simple, n'étant pas nécessairement algébrique, passent 2 ou 4 droites tangentes à la courbe ([1]). Une droite arbitraire du plan π passant par la trace A de a coupera ω en 2 ou 0 points différents de A, qui en est un point double ou un « point isolé ». La courbe ω peut avoir plusieurs branches mais une tangente à une de ces branches, à savoir la trace du plan tangent à F^3 en P, passera toujours par A. Mais dans ces circonstances une seconde droite m tangente à la même branche passera par A. Le plan (Pm) est tangent à F^3 en un point Q, et si Q est un point hyperbolique de la surface, il coupera F^3 en deux droites autres que a.

Pour cet examen il faut distinguer deux cas :

Si A est un point isolé sur ω il n'existe pas de plans passant par a qui coupent la surface (ailleurs qu'en a) en des courbes μ tangentes à ω. Il suit de là que a est coupée ou par chaque courbe μ ou par aucune de ces courbes. Le dernier cas est impossible,

([1]) Voir *Indledning i Laren om grafiske kurves*, § 4 (résumé p. 81) (*Kgl. Danske Vidensk. Selskab.*, t. X, 1, 1899).

a n'étant pas dans ces circonstances située sur F^3; le plan (Pm) coupera donc F^3 en trois droites.

Si au contraire A est un point double de ω il faut recourir à la théorie des courbes simples planes du quatrième ordre que j'ai donnée autrefois (¹). Cette théorie nous montre qu'alors on aura nécessairement une tangente double p de ω.

Cette droite sera la projection d'une droite q située sur F^3 et q ne pourra pas passer par Q puisque p ne peut pas passer par A. Le plan (aQ) coupera donc F^3 en deux droites outre en ω.

Nous avons maintenant démontré *qu'une surface simple du troisième ordre (sans points doubles) contiendra toujours* 3 *droites formant un triangle.*

Pour montrer que le nombre des droites sur la surface est au plus de 27, il suffit de démontrer que *par une droite de* F^3 *on ne peut faire passer plus de* 5 *plans qui la rencontrent encore en deux droites.*

Supposons en effet que a soit rencontrée par six droites b_1, b_2, ..., b_6 qui se trouvent en des plans différents passant par a. Il est évidemment impossible que quatre entre ces droites soient situées sur un même hyperboloïde, F^3 étant alors composée de cet hyperboloïde et d'un plan. Il existe donc cinq droites c_1, c_2, ..., c_5 coupant quatre des droites b_1, b_2, ..., b_5. Nous pouvons supposer ces droites c distinctes entre elles et distinctes de a; autrement nous pouvons substituer à b_5 la nouvelle droite dans laquelle F^3 est coupée par le plan (ab_5). F^3 est supposée toujours sans points doubles. Soit c_r coupée par b_1, ..., b_5 à l'exception de b_r. Le plan (ab_6) rencontre F^3 suivant a et b_6 et encore suivant une autre droite d. Les droites c rencontrent ce plan en cinq points dont aucun ne peut être le point (ab_6), sans quoi la surface aurait un point double. Il faut donc qu'une des droites b_6 ou d soit rencontrée par au moins trois des droites c. Soit d rencontrée par c_1, c_2, c_3. L'hyperboloïde déterminé par b_4, b_5, a contiendra alors les quatre droites c_1, c_2, c_3, a. Mais chaque droite b coupera assurément deux des droites c_1, c_2, c_3 et en outre ω. L'hyperboloïde contiendra donc, contrairement à l'hypothèse, toutes les droites b.

Dans les cas où F^3 contient plus de 3 droites mais moins de 27, il faut une discussion plus profonde du contour ω. En somme on verra que toute la géométrie de situation sur une surface algébrique du troisième ordre pourra s'étendre sans aucun changement essentiel à une surface simple du même ordre (sans points doubles) (²).

(¹) Voir *Indledning*, § 4.

(²) Voir surtout F. Klein, *Ueber Flächen dritter Ordnung* (*Math. Ann.*, Bd. VI, p. 521), et H.-G. Zeuthen, *Étude des propriétés de situation des surfaces cubiques* (*Math. Ann.*, Bd. VIII, p. 1).

On pourra par exemple appliquer le théorème à une surface algébrique du cinquième degré composée d'une nappe de troisième ordre et d'une ovaloïde. Mais on peut encore montrer l'existence de surfaces simples non analytiques du troisième ordre.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur des développements trigonométriques à composantes non orthogonales.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. C. Jordan.

1. Considérons l'expression I donnée dans une Note récente (*Comptes rendus*, p. 1051) pour le potentiel provenant d'une rupture constante et permanente de potentiel au départ, à partir de $t = 0$, sur un câble limité par des appareils à ses deux extrémités; pour passer de cette expression au développement trigonométrique analytiquement équivalent, mais où le mécanisme de la réflexion est masqué, il suffit de sommer sous le signe intégral et il vient pour I, dans le plan des z, avec coupure de l'∞ entourant $z = 0$,

$$(1) \qquad \mathrm{I} = \frac{1}{\pi}\int e^{int}[\Phi(iz) - \Phi(-iz)]\,dz = \frac{1}{\pi}\int e^{int}\Phi(iz)\,dz$$

avec

$$(2) \qquad \Phi(iz) = \frac{\varphi(iz)\,e^{iz(l-x)}}{\varphi(iz)\,\psi(iz)\,e^{izl} - \varphi(-iz)\,\psi(-iz)\,e^{-izl}}.$$

Les notations de la Note précédente sont conservées; la seconde intégrale est à prendre dans le sens direct sur un contour fermé comprenant à son intérieur la coupure et les pôles de Φ autres que $z = 0$, qui sont les racines non nulles de l'équation déterminante

$$(3) \qquad \operatorname{tang} zl = f(z) = \gamma\frac{in}{z}\,\frac{f_0 + f_1}{1 - \left(\gamma\frac{in}{z}\right)^2 f_0 f_1}.$$

L'intégrale le long de la coupure se réduit, au facteur près $2i$, au résidu en $z = 0$, couplant les pôles symétriques, on a [1]

$$(4) \qquad \mathrm{I} = 2i\mathrm{R}_0 - 2\sum e^{int}\,\frac{\cos y \sin(zx + y)}{z\left(l - \cos^2 z\, l\,\frac{df}{dz}\right)}$$

[1] Cf. Picard, *Traité d'Analyse*, t. II; Poincaré, *Propagation de la chaleur*.

en posant

$$\text{tang}\, y = -\gamma \frac{in}{z} f_0.$$

La somme est étendue aux racines à partie réelle, positive de l'équation déterminante, prises dans leur ordre (l'expression écrite les suppose simples); il n'y a pas de racines imaginaires pures, d'après les conditions dynamiques du problème; f_0, f_1 quotients de polynomes en in à coefficients numériques positifs; l'orthogonalité d'une série dérivée de l'équation déterminante implique la non-existence de racines complexes, mais en général il y a possibilité d'existence de racines complexes ou multiples. L'expression (4) n'est autre que celle donnée par Ol. Heaviside dans son important Mémoire *On theory of faults in cables* (¹), sans faire intervenir la méthode des résidus qui la légitime, en supposant possible le développement d'une fonction arbitraire en une série de fonctions normales au sens de Lord Rayleigh, orthogonales ou non.

2. Le terme en dehors du signe somme est le potentiel en régime permanent et o sera pôle au plus d'ordre 2 pour le potentiel; intégrons par rapport à x et réitérons; les pôles sont conservés avec leur ordre, sauf o, dont l'ordre augmente chaque fois d'une unité; la suite des polynomes en x et t, résidus aux pôles o d'ordre croissant, jouera par rapport à la série trigonométrique non périodique le rôle joué vis-à-vis des fonctions thêta par la suite des polynomes donnés antérieurement à propos du problème de l'armille (*Comptes rendus*, t. 148).

o ne sera pas pôle pour le potentiel si l'appareil du départ est un condensateur non shunté et l'appareil de l'arrivée un transformateur shunté ou non, sans capacité finie, à m enroulements (premier enroulement câble-terre); le résidu intégral nul pour $t = 0$, $0 < x \leqq l$, sera ici 1 pour $t = 0$, $x = 0$, et dans le cas particulier d'un shunt de résistance nulle, ce sont les identités de Navier, Saint-Venant, relatives à l'équation (6) $\cot zl = zl_1$ (problème du choc longitudinal d'une barre prismatique).

3. Dans le même problème relatif à la ligne télégraphique (²) on partira de l'intégrale dans le plan des n (coupure $0, 2i\tau^{-1}$) et il viendra respectivement pour le potentiel et le courant les intégrales

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{int}\,\Phi(iz)\frac{z}{n}\,dn, \qquad \frac{v}{2\pi}\int e^{int}\,\Phi(iz)\,dn$$

(¹) *Phil. Magazine*, 1879.

(²) *Comptes rendus*, 31 octobre 1910.

à prendre dans le sens direct sur un contour enfermant la coupure et les pôles; les pôles de Φ racines de l'équation (3) en n sont symétriques par rapport au milieu de la coupure, d'où la solution dans laquelle les résidus aux pôles symétriques sont couplés et le terme en dehors du signe somme est l'intégrale le long de la coupure.

Le cas non périodique le plus simple est celui d'un condensateur au départ et d'une résistance nulle à l'arrivée; l'intégrale le long de la coupure est nulle et l'on a pour le potentiel ou le courant

$$(7) \qquad e^{-\frac{t}{\tau}} \sum \frac{4 \cos z l}{2 z l + \sin 2 z l} \begin{matrix} \sin \\ \text{ou} \\ \cos \end{matrix} (z l - z x) \begin{matrix} \left(\cos + \frac{1}{\omega} \sin\right) \\ \text{ou} \\ \left(\gamma \frac{\rho^2 \tau z}{\omega} \sin\right) \end{matrix} \left(\omega \frac{t}{\tau}\right),$$

$\omega = \sqrt{(\rho z \tau)^2 - 1}$ et les z racines positives de (6).

Faisons $o = \tau^{-1}$ dans (7) (résistance ohmique de la ligne négligée); le potentiel dans le problème électrique n'est autre que le courant de déplacement dans le problème d'élasticité du choc longitudinal d'une barre; on connaît les critiques faites par M. Boussinesq à l'emploi pratique des séries trigonométriques dans ce problème; ces critiques s'appliquent en général à la forme de solution précédente pour la ligne télégraphique limitée (câble excepté).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le module minimum des fonctions entières.* Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans son Livre récemment paru [1] (1910) sur la théorie des fonctions entières d'ordre infini, M. Blumenthal a donné au théorème du module minimum d'une fonction entière $H(z)$ la forme suivante d'extrême précision, à savoir : *Si nous désignons par* $\mu(r)$ *un ordre de* $H(z)$ *et par* $K(r)$ *une fonction-type plus grande ou égale à* $\mu(r)^{1+\delta}$, *l'inégalité*

$$|H(z)| > e^{-r^{K(r)^{1+\delta}}}$$

(1) Paris, Gauthier-Villars : *Collection de Monographies*, sous la direction de M. Borel.

Pour le cas d'ordre fini, voir aussi ma Note : *Sur les fonctions entières de genre fini* (*Bull. Soc. math. de France*, t. XXXII, 1904, p. 314).

est satisfaite dans tout le plan à l'exception de couronnes circulaires, dont la largeur totale à l'extérieur du cercle r est inférieure à $e^{-r^{K(r)}}$.

Le nombre positif δ est arbitrairement petit.

2. Je me propose de signaler ici quelques compléments de ce théorème de M. Blumenthal, que j'ai obtenus à l'aide du théorème suivant :

Si nous désignons par (E) *un ensemble de points du plan* z, *dans lequel* $H(z)$ *ne tend que vers zéro avec* $\frac{1}{r}$ $(r = |z|)$, *les modules des fonctions entières*

$$H(z) \quad \text{et} \quad f(z) = e^{H(z)} - 1$$

sont des infiniment petits équivalents pour les points de l'ensemble (E) *de rayon r suffisamment grand.*

Ce théorème, qui est presque évident, nous conduit aux résultats suivants :

I. Si la fonction entière $H(z)$ admet le cas d'exception unique de M. Picard, la valeur exceptionnelle étant différente de zéro, nous obtenons une nouvelle précision remarquable par l'extension du théorème ci-dessus indiqué de M. Blumenthal à tous les minima

$$e^{-r^{m(r)^{1+\delta}}},$$

où $m(r)$ désigne une fonction-type quelconque plus grande que $\log \mu(r)$.

L'extension est obtenue sous la forme suivante:

Si l'on exclut sur la circonférence de rayon r, assez grand, certains arcs de longueur total inférieure à

$$e^{-r^{m(r)^{1-\delta}}},$$

tous les autres points de la circonférence satisfont à l'inégalité

$$|H(z)| > e^{-r^{m(r)^{1+\delta}}}, \qquad m(r) > \log \mu(r).$$

Ce résultat fournit visiblement un complément intéressant apporté au théorème de M. Blumenthal, parce que la solution $m(r)$ peut être choisie *notablement plus petite que l'ordre* $\mu(r)$ *de la fonction* $H(z)$. Il y a là une nouvelle précision du théorème sur le module minimum concernant toutes les fonctions entières qui présentent le cas d'exception unique de M. Picard, la valeur exceptionnelle n'étant pas égale à zéro.

3. II. Si nous posons :

$$e^{H(z)} - 1 = f(z), \quad e^{f(z)} - 1 = f_1(z), \quad e^{f_1(z)} - 1 = f_2(z), \quad \ldots, \quad e^{f_{n-1}(z)} - 1 = f_n(z),$$

en désignant par $\mu_1(r)$, $\mu_2(r)$, ..., $\mu_n(r)$ respectivement des ordres des

fonctions entières $f(z)$, $f_1(z)$, ..., $f_{n-1}(z)$, le théorème de M. Blumenthal s'étend aux quantités

$$e^{-r^{\mu_n(r)^{1+\delta}}},$$

considérées comme minima du module de la fonction donnée $H(z)$.

Ce résultat paraît, au premier abord, n'être qu'un cas particulier du théorème de M. Blumenthal; cependant, il n'en est pas entièrement ainsi, parce que les fonctions $\mu_n(r)$, que nous employons ici, ne sont pas nécessairement sur tous les cercles de rayon r suffisamment grand plus grandes que l'ordre $\mu(r)$ de $H(z)$.

Je remarque que c'est surtout le premier résultat, I, qui est le but principal de ma Note et qui mérite, je crois, d'attirer l'attention des mathématiciens.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence d'intégrales satisfaisant à des conditions données le long d'un contour.* Note de M. **Riquier**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons un système différentiel partiel, comprenant, pour fixer les idées, trois équations, et impliquant un nombre égal d'inconnues u, v, w, des deux variables indépendantes réelles x, y.

Nous supposerons que le système est linéaire par rapport à l'ensemble des fonctions inconnues et de leurs dérivées, et, désignant par m, n, p ses ordres respectifs relativement à u, v, w, nous mettrons en évidence, dans chaque équation, trois groupes linéaires et homogènes, le premier par rapport aux dérivées d'ordre m de u, le second par rapport aux dérivées d'ordre n de v, le troisième par rapport aux dérivées d'ordre p de w; nous aurons ainsi les relations

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{1,\alpha} \frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha} + \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{1,\beta} \frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta} + \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{1,\gamma} \frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma} + \ldots = 0,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{2,\alpha} \frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha} + \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{2,\beta} \frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta} + \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{2,\gamma} \frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma} + \ldots = 0,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{3,\alpha} \frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha} + \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{3,\beta} \frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta} + \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{3,\gamma} \frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma} + \ldots = 0,$$

où les lettres A, B, C, affectées d'indices, désignent des fonctions (réelles) données de x, y. Des termes écrits ci-dessus nous déduirons, par un méca-

nisme évident, le déterminant du troisième ordre

$$\begin{vmatrix} \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{1,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{1,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{1,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \\ \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{2,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{2,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{2,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \\ \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{3,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{3,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{3,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \end{vmatrix},$$

forme algébrique de degré $m+n+p$ aux indéterminées X, Y, ayant pour coefficients certaines fonctions connues de x, y.

Considérons d'autre part un contour analytique régulier tel que toute demi-droite partant d'un point intérieur convenablement choisi rencontre le contour en un seul point, et supposons : 1° que dans le voisinage du contour, c'est-à-dire dans l'intérieur d'une certaine zone s'étendant de part et d'autre de cette ligne, les divers coefficients du système proposé (les A, les B, les C, et tous les autres) soient des fonctions analytiques de x, y; 2° que, pour tout point particulier (x, y) du contour, le faisceau obtenu en égalant à zéro la forme algébrique aux indéterminées X, Y ne contienne que des droites imaginaires (le nombre $m+n+p$ est alors nécessairement pair).

Cela étant, *le système proposé admet un et un seul groupe d'intégrales, analytiques dans le voisinage du contour, et telles, qu'en adjoignant à u, v, w respectivement leurs $m-1$, $n-1$, $p-1$ premières dérivées prises suivant la normale au contour, ces $m+n+p$ fonctions se réduisent sur le contour à des fonctions analytiques données.*

La méthode à l'aide de laquelle j'ai pu établir ce résultat est, en ce qui concerne la forme du contour, applicable dans des circonstances plus générales que celles qui se trouvent spécifiées plus haut; mais le cas fourni par la considération de ces dernières est un des plus saillants et offre l'avantage de pouvoir s'énoncer très brièvement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application aux séries de Laplace du procédé de sommation de M. de la Vallée-Poussin.* Note de M. **Michel Plancherel**, présentée par M. Émile Picard.

Il existe des fonctions continues des deux variables (ϑ, φ) $(0 \leqq \vartheta \leqq \pi, 0 \leqq \varphi \leqq 2\pi)$ sur la sphère, dont les séries de Laplace divergent en certains points.

MM. Haar et Lebesgue en ont donné des exemples. Aussi est-il intéressant de connaître des procédés de sommation de séries de Laplace d'une fonction continue, qui convergent partout. Par une méthode analogue à celle qui lui a donné de si beaux résultats sur la sommation des séries de Fourier, M. Fejér a montré que les secondes moyennes de Cesàro de la série de Laplace d'une fonction continue convergent uniformément vers la valeur de cette fonction. Il peut être utile de noter qu'une méthode de sommation employée pour la première fois par M. de la Vallée-Poussin (¹), permet d'arriver très simplement à des résultats d'une grande généralité.

(ϑ, φ) et (ϑ', φ') étant deux points de la surface sphérique, nous appellerons γ leur distance sphérique. L'élément d'aire au point (ϑ', φ') sera noté $d\sigma' = \sin\vartheta' d\vartheta' d\varphi'$. $F(\vartheta, \varphi)$ étant une fonction de point sur la sphère, nous aurons à considérer sa valeur moyenne au point (ϑ, φ). Au pôle, cette valeur moyenne est donnée par la limite pour $\vartheta' = 0$ de

$$f(\vartheta') = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} F(\vartheta', \varphi')\, d\varphi'.$$

Ceci posé, le théorème que nous avons en vue peut s'énoncer :

$F(\vartheta, \varphi)$ *étant une fonction sommable sur la sphère, la suite*

$$S_n(\vartheta, \varphi) = \frac{1}{4\pi}\int F(\vartheta', \varphi')\, d\sigma' + \sum_{k=1}^{n} \frac{2k+1}{4\pi} \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)} \times \int F(\vartheta', \varphi')\, P_n(\cos\gamma)\, d\sigma'$$

converge vers $F(\vartheta, \varphi)$ *en tout point de continuité de la fonction ; la convergence est uniforme dans tout domaine intérieur à un domaine de continuité de* $F(\vartheta, \varphi)$; *plus généralement, en tout point où la valeur moyenne de* F *existe, la suite* S_n *converge vers cette valeur moyenne.*

La démonstration de la convergence peut se faire, sans restreindre la généralité, en supposant (ϑ, φ) au pôle du système de coordonnées sphériques. S_n prend alors la forme

$$S_n = \frac{1}{2}\int_0^{\pi} f(t) \sin t\, dt + \sum_{k=1}^{n} \frac{2k+1}{2} \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)} \times \int_0^{\pi} f(t)\, P_k(\cos t) \sin t\, dt.$$

(¹) *Sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle et de leurs dérivées par des polynomes et des suites limitées de Fourier* [*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des Sciences), n° 3, 1908, p. 193-254].

Faisant usage de la formule de Mehler

$$P_k(\cos t) = \frac{2}{\pi}\int_t^{\pi} \frac{\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\psi}{\sqrt{2(\cos t - \cos\psi)}}\,d\psi,$$

et de la relation

$$\sin\frac{\psi}{2} + \sum_{k=1}^{n} \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)}(2k+1)\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\psi = \frac{2^{2n}(n!)^2(n+1)}{(2n)!}\left(\cos\frac{\psi}{2}\right)^{2n}\sin\frac{\psi}{2},$$

on ramène S_n à

$$S_n = \int_0^{\pi} K(n, t) f(t)\,dt,$$

où

$$K(n, t) = \frac{2^{2n}(n!)^2(n+1)}{\pi(2n)!}\sin t \int_t^{\pi} \left(\cos\frac{\psi}{2}\right)^{2n} \frac{\sin\frac{\psi}{2}\,d\psi}{\sqrt{2(\cos t - \cos\psi)}}.$$

Or, on voit sans grandes difficultés que $K(n, t)$ est une fonction positive, qui tend uniformément vers zéro avec $\frac{1}{n}$ dans tout intervalle $0 < \varepsilon \leqq t \leqq \pi$. En effet, pour de grandes valeurs de n, $K(n, t)$ est inférieur dans (ε, π) à $\frac{(n+1)\sqrt{n\pi}}{2}\left(\cos\frac{\varepsilon}{2}\right)^{2n}$. De plus,

$$\lim_{n=\infty} \int_0^{\varepsilon} K(n, t)\,dt = 1, \qquad 0 < \varepsilon \leqq \pi.$$

Ces propriétés permettent d'obtenir très simplement le théorème énoncé.

La suite $S_n(\mathfrak{S}, \varphi)$ possède encore d'autres propriétés intéressantes, celle entre autres de rester dans un domaine comprise entre la limite supérieure et la limite de la valeur moyenne de la fonction dans ce domaine. On peut même voir que S_n converge vers la valeur moyenne de la fonction en tout point où celle-ci est dérivée de son intégrale indéfinie (superficielle), donc presque partout. De même, la suite des dérivées de S_n est encore utilisable pour l'approximation des dérivées de la fonction F. Les résultats obtenus s'étendent naturellement aux séries de polynomes de Legendre.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *De la viscosité dans le mouvement des fils flexibles*. Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. P. Appell.

Pour obtenir les équations du mouvement d'un fil flexible, on peut écrire, d'après les principes de l'Énergétique, qu'on a pour toute modification

virtuelle isothermique

$$(1) \qquad \delta\mathfrak{T}_e + \delta\mathfrak{T}_v + \delta J - \delta_T \mathfrak{F} = 0,$$

$\delta\mathfrak{T}_e$ désignant le travail élémentaire des forces extérieures, $\delta\mathfrak{T}_v$ celui des actions de viscosité, δJ celui des forces d'inertie et $\delta_T \mathfrak{F}$ la variation isothermique du potentiel thermodynamique interne.

Par définition du fil parfaitement flexible, $\mathfrak{F} = \int \varphi(\rho, T)\, dm$, φ étant une fonction donnée de la densité ρ et de la température absolue T et $dm = \rho\, ds$, la masse d'un élément ds du fil. Dans toute modification, on a $\delta\, dm = \delta\rho\, ds + \rho\delta\, ds = 0$; nous avons donc

$$\delta_T \mathfrak{F} = \int \frac{\partial\varphi}{\partial\rho} \delta\rho\, dm = -\int \rho^2 \frac{\partial\varphi}{\partial\rho} \delta\, ds.$$

Pour calculer le travail élémentaire des actions de viscosité, nous pouvons procéder comme M. Duhem dans ses *Recherches sur l'Hydrodynamique* et l'on reconnait qu'on a

$$\delta\mathfrak{T}_v = \int \Lambda \frac{\partial\rho}{\partial t} \delta\, ds,$$

Λ étant une fonction essentiellement positive de ρ et de T, qu'on peut appeler le *coefficient de viscosité* du fil. Si donc nous posons

$$(2) \qquad \Theta + \rho^2 \frac{\partial\varphi}{\partial\rho} + \Lambda \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0,$$

l'égalité (1) deviendra

$$(3) \qquad \delta\mathfrak{T}_e + \delta J - \int \Theta\, \delta\, ds = 0.$$

Si le fil était dénué de viscosité, on ferait $\Lambda = 0$ dans l'égalité (2), mais la précédente resterait la même. Ainsi, les équations de mouvement, qui se déduisent de l'égalité (3) par la méthode des variations, auront la même forme que si le fil n'était pas visqueux. Θ représente donc encore la tension en chaque point, mais l'équation caractéristique (2) cesse d'être une relation finie entre Θ, ρ, T. Par des considérations analogues à celles qui ont été présentées dans notre Note du 6 mars 1911, on reconnaît que les seules discontinuités d'ordre $n > 1$ que puisse propager un fil visqueux sont transversales et se propagent avec la vitesse $\sqrt{\frac{\Theta}{\rho}}$.

Proposons-nous d'étudier les petits mouvements d'un fil tendu de tempé-

rature uniforme et de longueur l, qui n'est soumis à aucune force et dont une extrémité est fixe, l'autre étant animée d'un mouvement donné. On reconnaît que la viscosité n'intervient que dans l'équation du déplacement longitudinal ξ; en posant $a^2 = -\frac{\partial\Theta}{\partial\rho}$; celui-ci est déterminé par les équations

$$(4) \qquad \Lambda\frac{\partial^3\xi}{\partial\omega^2\,\partial t} + a^2\frac{\partial^2\xi}{\partial\omega^2} - \frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} = 0,$$

$$\text{pour } \omega = (0,\, l) : \xi = [0,\, F(t)]; \qquad \text{pour } t = 0 : \xi = f(\omega), \qquad \frac{\partial\xi}{\partial t} = g(\omega),$$

F, f, g étant des fonctions données. L'intégration montre que le mouvement du fil est la superposition d'un mouvement forcé et d'un autre qui va en s'éteignant. Pour simplifier, bornons-nous à deux cas particuliers.

I. Supposons les deux extrémités fixes $[F(t) = 0]$. L'équation (4) s'intègre par solutions simples et l'on trouve

$$(5) \quad \xi(\omega, t) = \frac{2}{l}\sum_{n=1}^{n=\infty} e^{-\mu t}\sin n\pi\frac{\omega}{l}\int_0^l\left[f(x)\cos\nu t + \frac{g(x)+\mu f(x)}{\nu}\sin\nu t\right]\sin n\pi\frac{x}{l}\,dx,$$

en posant

$$\mu = \frac{\Lambda n^2\pi^2}{2l^2}, \qquad \nu = \frac{n\pi}{l}\sqrt{a^2 - \left(\frac{\Lambda n\pi}{2l}\right)^2}.$$

Pour les petites valeurs de n, ν sera en général réel et les premiers termes du développement (5) seront périodiques amortis de période $\tau_n = \frac{2\pi}{\nu}$. Les termes de rang supérieur correspondront à des valeurs de ν imaginaires et ne contiendront plus que des exponentielles en t. Si la longueur était telle qu'on eût $l < \frac{\pi\Lambda}{2a}$, tous les termes seraient apériodiques; mais, si l'on cherche expérimentalement la valeur de l qui correspond à l'apériodicité critique, on aura $\Lambda = \frac{2al}{\pi}$. Cette détermination est tout à fait analogue à la recherche de la résistance critique d'un galvanomètre.

II. Supposons $F(t) = \varepsilon\sin 2\pi\frac{t}{T}$, ε et T étant des constantes, et bornons-nous à la recherche du mouvement forcé. En posant

$$\rho = \sqrt{a^4 + \left(\frac{2\pi\Lambda}{T}\right)^2}, \qquad \alpha = \frac{\pi\sqrt{2}}{T\rho}\sqrt{\rho - a^2}, \qquad \beta = \frac{\pi\sqrt{2}}{T\rho}\sqrt{\rho + a^2},$$

$$C = -\varepsilon\,\frac{\operatorname{sh}\alpha(\omega+l)\sin\beta(\omega-l) - \operatorname{sh}\alpha(\omega-l)\sin\beta(\omega+l)}{\operatorname{ch}2\alpha l - \cos 2\beta l},$$

$$D = \varepsilon\,\frac{\operatorname{ch}\alpha(\omega+l)\cos\beta(\omega-l) - \operatorname{ch}\alpha(\omega-l)\cos\beta(\omega+l)}{\operatorname{ch}2\alpha l - \cos 2\beta l},$$

on trouve

$$\xi = C \cos 2\pi \frac{t}{T} + D \sin 2\pi \frac{t}{T}.$$

A n'étant jamais nul en réalité, $\operatorname{ch} 2\alpha l$ sera plus grand que 1, de sorte que les dénominateurs de C et de D seront toujours différents de zéro. Toutefois, si A est assez petit, C et D pourront être notablement plus grands que ε pour $\cos 2\beta l = 1$, et l'amplitude du mouvement aux différents points du fil pourra être notablement supérieure à l'amplitude du mouvement de son extrémité. Ce cas correspond aux phénomènes de résonance observés dans les expériences de Melde.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un développement en série et son application au problème des ondes liquides par émersion.* Note de M. **H. Vergne**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je considère une suite de fonctions

(1) $$\varphi_0(x),\quad \varphi_1(x),\quad \varphi_2(x),\quad \ldots,\quad \varphi_i(x),\quad \ldots,$$

périodiques, de période 1, ainsi que leurs dérivées premières et secondes; les dérivées secondes $\varphi''_i(x)$ sont supposées développables en séries de Fourier uniformément convergentes. Je dis que si la suite des φ_i forme un système *fermé* (j'entends par là qu'il n'existe aucune fonction intégrable et de carré intégrable, autre que zéro, orthogonale à tous les φ_i), il en résulte que toute fonction de carré intégrable orthogonale à tous les φ''_i est *une constante.*

Pour établir ce point, il est permis, sans diminuer la généralité, de supposer que la suite de fonctions (1) forme un système *orthogonal* et *normal.* Alors, si l'on développe les fonctions φ_i en séries trigonométriques, la chose devient évidente en s'appuyant sur un théorème énoncé par M. Riesz (*Comptes rendus*, 18 mars 1907, t. 144, p. 617-618), relativement à un système d'une infinité d'équations à une infinité d'inconnues.

2. Du lemme précédent découle immédiatement le théorème suivant, dont l'énoncé n'est qu'une légère modification de celui bien connu de M. Schmidt (*Math. Annalen*, t. LXIII):

Étant donnée une suite fermée telle que (1) *de fonctions périodiques, de période* 1, *possédant en tout point des dérivées premières et secondes; si le système des dérivées premières* $\varphi'_i(x)$ *est orthogonal, toute fonction pério-*

dique $f(x)$ de même période 1, *et admettant une dérivée première $f'(x)$ de carré intégrable, est développable en une série absolument et uniformément convergente, suivant les fonctions*

$$\varphi_i(x) - \overline{\varphi}_i,$$

où $\overline{\varphi}_i$ représente la valeur moyenne de $\varphi_i(x)$ dans l'intervalle (0 — 1).

3. Ce théorème trouve son application dans le problème suivant de Physique mathématique, qui se pose dans la théorie des ondes liquides par émersion [1] : il s'agit de déterminer une fonction $\varphi(x, y, t)$ définie à l'intérieur d'un contour C du plan des xy et satisfaisant aux conditions suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} \text{Équation indéfinie :} \quad \Delta\varphi = \dfrac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0, \\ \text{Condition à la frontière :} \quad \dfrac{d\varphi}{dn} = c(s)\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}, \\ \text{État initial (pour } t = 0) : \quad \varphi = 0, \qquad \dfrac{\partial\varphi}{\partial t} = f(s) \qquad \text{(sur le contour C)}; \end{cases}$$

s désigne l'abscisse curviligne d'un point quelconque du contour C, et $c(s)$ et $f(s)$ sont deux fonctions données sur ce contour.

Si nous cherchons à satisfaire aux deux premières équations (2) par des *solutions simples* de la forme

$$\sin(\sqrt{k}\,t)\,U(x, y),$$

nous trouvons, pour déterminer $U(x, y)$, les conditions suivantes :

$$(3) \quad \begin{cases} \text{Équation indéfinie :} \quad \Delta U = 0, \\ \text{Condition au contour C :} \quad \dfrac{dU}{dn} = -k\,c(s)\,U. \end{cases}$$

Si k est quelconque, ces équations entraînent $U = 0$. Mais il existe une infinité de valeurs de k,

$$k_0 = 0,\ k_1,\ k_2,\ \ldots,\ k_i,\ \ldots,$$

toutes positives (sauf la première), et auxquelles correspondent respectivement des solutions

$$U_0 = 1,\ U_1,\ U_2,\ \ldots,\ U_i,\ \ldots,$$

pour le système (3). De plus, si l'on appelle $U_i(s)$ la valeur que prend $U_i(x, y)$

---

[1] H. VERGNE, *Contribution à la théorie des ondes liquides* (*Thèse*, Gauthier-Villars, 1909, p. 53 et suiv.).

sur C, la suite des fonctions périodiques $U_i(s)$ forme un système fermé. Et si le contour C et la fonction $c(s)$ sont *suffisamment réguliers*, il est clair que les $U_i(s)$ posséderont des dérivées premières et secondes.

Cela posé, si la fonction donnée $f(s)$ est la somme d'un nombre *fini* de fonctions $U_i(s)$,

$$f(s) = \Sigma c_i\, U_i(s),$$

la solution du problème (2) sera évidemment

$$\varphi = \sum \frac{c_i}{\sqrt{k_i}} \sin(\sqrt{k_i}\, t)\, U_i(x, y).$$

Dans le cas général où $f(s)$ n'est pas susceptible de cette forme, nous pouvons, suivant un procédé bien connu, former avec nos $U_i(s)$ des combinaisons linéaires $V_i(s)$, telles que la suite des dérivées $V'_i(s)$ forme un système orthogonal.

Alors, si nous admettons que la fonction donnée $f(s)$ (évidemment périodique) admet une dérivée première de carré intégrale, cette fonction sera, d'après le théorème, représentable par une série

$$f(s) = \Sigma c_i [V_i(s) - \overline{V}_i]$$

absolument et uniformément convergente.

Nous savons résoudre le problème (2) pour chaque terme de cette série, puisque $V_i(s)$ est la somme d'un nombre *fini* de fonctions $U_i(s)$.

Donc nous savons le résoudre pour $f(s)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les métaux soumis à l'extension.* Note de M. L. **Hartmann**, présentée par M. Lecornu.

Les procédés décrits dans ma Communication précédente ont servi à étudier l'influence du recuit et de l'écrouissage sur les phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux soumis à l'extension. Les essais ont porté, pour chaque métal, sur des barrettes de 20^{mm} de largeur et de 200^{mm} de longueur, découpées, suivant le sens du laminage, dans des feuilles de $\frac{5}{10}$ de millimètre d'épaisseur, les unes recuites, les autres écrouies.

J'ai groupé quelques-uns des résultats obtenus dans le Tableau ci-après, en y faisant figurer des métaux simples, des alliages binaires, ternaires et

quaternaires. Les chiffres mentionnés pour le degré d'écrouissage indiquent la réduction totale d'épaisseur subie par le métal, après les passes de laminage à froid au moyen desquelles il a été amené à l'épaisseur de $\frac{5}{10}$ de millimètre; par exemple, pour l'écrouissage de $\frac{4}{10}$, on est parti d'une feuille ayant une épaisseur de $\frac{9}{10}$ de millimètre.

L'examen de ces résultats montre que, dans les barrettes soumises à l'extension parallèlement au sens du laminage, les orientations conjuguées suivant lesquelles a lieu le mouvement moléculaire font avec la direction de l'effort un angle qui, minimum pour le métal recuit, augmente avec l'intensité de l'écrouissage.

En second lieu, la distribution des déformations est loin d'être la même, quand le métal est écroui, ou quand il est recuit.

Dans le premier cas, on obtient des strictions obliques discontinues, indépendantes les unes des autres, d'autant moins nombreuses et d'autant plus accentuées que la valeur de l'écrouissage est plus considérable.

Dans le second cas, le métal peut se comporter de trois manières différentes :

a. Le mouvement moléculaire n'est observable directement qu'au moment de l'allongement de striction, dans la région où celle-ci se forme, et, pour le déceler dans les phases antérieures, on doit recourir au procédé des encoches.

b. Le métal donne lieu, à partir d'une charge notablement inférieure à la charge maxima, au phénomène des larges rubans obliques venant recouvrir successivement toutes les régions de la lamelle, et ne produisant, à tout instant, que des dénivellations extrêmement faibles par rapport à l'ensemble de la surface.

c. Il y a production de strictions, distinctes les unes des autres, analogues à celles des métaux écrouis, mais constituant toutefois des dépressions beaucoup moins importantes.

Les particularités qu'on observe ainsi dans la répartition des déformations semblent pouvoir s'expliquer de la manière suivante :

Quand le métal est homogène, comme structure et comme composition, le mouvement moléculaire se produit simultanément dans tous les points à la fois, pour chaque valeur de l'effort, sans que, par suite, son orientation puisse se manifester sur la barrette. C'est, en général, le cas des métaux recuits.

Désignation du métal.	Traitement du métal.	Limite élastique (¹).	Apparition des réseaux. Charge (¹).	Apparition des réseaux. Allongement p. 100.	Striction ou rupture. Charge (¹).	Striction ou rupture. Allongement p. 100.	Valeur de l'angle α.	Observations.
Aluminium (1 p. 100 de métaux étrangers)	Recuit	4	9,5	10	10	19	58°	Réseaux assez nets et régulièrement répartis.
	Écroui (25/10)	16	17,5	4	19	5	59	Quelques strictions seulement; l'une d'elles s'accentue immédiatement.
	Écroui (45/10)	18	19,5	2,5	20	3	60	Quelques strictions, avec une profondeur plus grande.
Nickel pur.	Recuit	19	»	»	49	17	60	Les réseaux ne sont visibles qu'après la rupture.
	Écroui (5/10)	77	77,5	0,5	78,5	1	65	Série de strictions très accusées; rupture dans l'une d'elles.
Ferro-nickel (25 p. 100 de nickel).	Recuit	25	29,5	5	64,5	36	57	Déformation par bandes obliques, d'une manière ininterrompue. Réseaux très nets dans la striction générale.
	Écroui (2/10)	84	86,5	0,5	87	1,5	60	A 86^{kg},5, apparition brusque de deux sillons conjugués.
	Écroui (4/10)	95	98	0,5	98,3	1	63	A 98^{kg}, un sillon seulement, mais plus profond.
Ferro-nickel (36 p. 100 de nickel).	Recuit	30	»	»	56	26	58	Les réseaux ne se produisent qu'au moment de la formation de la striction générale.
	Écroui (2/10)	74,5	77,5	1,5	78	2	60	Quelques strictions seulement.
	Écroui (4/10)	75	87,5	0,75	88	1	63	Une striction, très accentuée, suivant laquelle la rupture se produit.

(¹) En kilogrammes par millimètre carré de section.

Désignation du métal.	Traitement du métal.	Limite élastique (¹).	Apparition des réseaux. Charge (¹).	Apparition des réseaux. Allongement p. 100.	Striction ou rupture. Charge (¹).	Striction ou rupture. Allongement p. 100.	Valeur de l'angle α.	Observations.
Cuivre-nickel (20 p. 100 de nickel).	Recuit	10	»	»	32	15	58°	Comme pour le ferro-nickel, à 36 p. 100 de nickel.
	Écroui (5/10)	50	53	1,5	53	2	63	Réseaux discontinus en petit nombre.
	Écroui (10/10)	53	55	1,5	55,5	2	65	Réseaux plus profonds.
Maillechort 25 N, 57 Cu, 18 Zn.	Recuit	21,5	22	2	48	35	60	Bandes obliques qui se rejoignent, quand l'effort atteint une valeur de 30kg par mm²; un repolissage permet d'observer les nouvelles bandes qui se forment.
	Écroui (2,5/10)	63	67	2	67,5	2,5	65	Strictions discontinues en nombre restreint.
	Écroui (5/10)	70	74	0,75	74	1	67	Strictions discontinues, très accusées.
Alliage d'aluminium 95,5 Al, 3,5 Cu, 0,5 Mn, 0,5 Ag.	Recuit	16	»	»	23,5	4	60	L'orientation n'est perceptible que dans la striction d'ensemble.
	Écroui (3/10)	29	30,5	2	31,5	2,5	62	Strictions discontinues, en petit nombre.
	Écroui (6/10)	30	34	0,5	35	1	65	Quelques strictions seulement, très importantes. La rupture a lieu suivant la dernière formée.

Mais si, pour une cause quelconque, le corps est hétérogène, le déplacement relatif des éléments est discontinu dans toute la masse et, pour chaque accroissement de l'extension, il commence par des centres qui peuvent être disséminés d'une manière assez uniforme pour provoquer un espacement régulier des zones de déformation. La différenciation qui en est la conséquence pour les diverses régions du métal, est plus ou moins accusée, et, suivant sa valeur, on obtient des déformations sous forme de bandes relativement larges ou sous forme de sillons localisés.

(¹) En kilogrammes par millimètre carré de section.

Les métaux écrouis ont une constitution hétérogène, par l'effet même du travail ayant servi à les préparer. Les laminoirs, au moyen desquels l'opération est effectuée, présentent généralement une surface inégale et rugueuse. Il en résulte des variations considérables dans le degré d'écrouissage, d'un point aux points voisins. Cette circonstance, combinée avec des irrégularités dans la composition du métal, se dénote par le tracé sinueux qu'on remarque alors dans les déformations obliques des deux systèmes conjugués.

AÉRONAUTIQUE. — *Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'établissement d'aviation de Vincennes.* Note (1) de M. **J. Olive**, présentée par M. L. Lecornu.

Principe des mesures. — Cette installation a pour objet d'effectuer des mesures aérodynamiques sur des appareils aériens de grandeur naturelle qu'on déplace en air calme.

A l'instigation du capitaine Lucas Girardville on a adopté la solution du monorail aérien constitué par un câble tendu de 155^m de portée. L'appareil en essai est suspendu à un chariot qui roule le long de ce câble et qui est muni de tous les dispositifs nécessaires pour enregistrer à chaque instant la vitesse acquise et les réactions de l'air sur l'appareil. Le câble présente d'ailleurs une inclinaison suffisante pour qu'on puisse réaliser des vitesses de 12^m par l'effet de la pesanteur. Le chariot pouvant être très étroit et l'appareil étudié pouvant être suspendu très bas, on voit qu'une semblable organisation permet de soustraire pratiquement cet appareil au sillage du chariot.

Les erreurs provenant de la déformation du câble sont réduites à un taux négligeable si l'on a soin de n'effectuer les mesures que dans la région moyenne de ce câble, car dans cette région le chariot se déplace à peu près suivant sa propre direction.

Il faut ajouter qu'en raison de la faible longueur du câble le mouvement uniforme ne peut être réalisé d'une manière absolue et qu'il est nécessaire de corriger la composante tangentielle de la résistance de l'air, de l'inertie de l'appareil.

Méthode employée. — On amène le chariot au milieu du câble de manière

(1) Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

à enregistrer au point fixe les efforts dus à la pesanteur et l'on procède ensuite au lancement. Les ordonnées des courbes dynamométriques comptées à partir des tracés qu'on a obtenus au point fixe donnent les composantes de la résistance de l'air. La correction d'inertie s'obtient d'une manière analogue.

Ces résultats sont ensuite représentés sur une épure qui donne *en grandeur et position* la résistance de l'air sur l'appareil.

Résultats obtenus. — Quelques mesures ont été effectuées sur l'appareil Wright réduit à sa cellule principale et une seule sur l'appareil modèle 1910 complet. Dans toutes ces mesures les axes des hélices ont été placés parallèlement au chariot.

Pour la cellule seule sans moteur ni hélices, le rapport des composantes de la résistance de l'air a été trouvé voisin de $\frac{1}{8}$ et la résultante perçait le plan inférieur à environ $0^m,80$ de son bord antérieur.

Dans l'expérience sur l'appareil complet des équilibreurs conjugués ont été placés à la position dite *de réglage*. On a trouvé un rapport égal à $\frac{1}{6,3}$ et la résultante passait à $0^m,05$ en arrière du bord antérieur du plan inférieur. D'après la position du centre de gravité et celles des axes des hélices, l'appareil aurait eu une tendance à se cabrer dans un vol réel et l'on a ainsi reconnu que l'inclinaison donnée aux équilibreurs ne pouvait convenir pour le vol horizontal. Cette inclinaison devait être corrigée dans une expérience consécutive, qui n'a pu être effectuée par suite d'un accident survenu à l'appareil pendant une bourrasque.

Ces résultats ont été communiqués à Wilbur Wright, qui les a trouvés concordants avec ceux qu'il avait lui-même obtenus. D'après ce même constructeur, le rapport des composantes de la résistance de l'air ne varie pas entre la vitesse de 12^m et celle de 18^m correspondant aux conditions normales de vol de l'aéroplane expérimenté.

ART DES CONSTRUCTIONS. — *Sur les encorbellements de la rue de Rome et du boulevard des Batignolles.* Note de M. **Rabut**, présentée par M. Alfred Picard.

L'établissement de nouvelles voies à la sortie de la gare Saint-Lazare a entraîné un élargissement de la tranchée des Batignolles, qui était déjà bordée de murs de soutènement verticaux le long de la rue de Rome à

gauche et du square des Batignolles à droite. Ni la rue ni le square ne devant être amoindris, on les a rétablis en encorbellement de 7^m ou de 5^m de porte-à-faux au-dessus du chemin de fer, surplombant les murs de soutènement reculés d'autant.

Les encorbellements proprement dits ont été exécutés en béton armé. Chacun d'eux se compose d'un hourdis ou platelage horizontal supporté par des consoles espacées de 5^m à 6^m. Ces consoles étant placées sous le hourdis, leur partie inférieure est comprimée; leur partie supérieure, tendue, est armée par un tirant composé de quatre aciers ronds de 5^{cm} de diamètre qui se prolongent dans l'épaisseur du mur de soutènement et s'accrochent à une poutre longitudinale d'ancrage, également en béton armé.

L'encorbellement de la rue de Rome supporte un trottoir asphalté de 4^m de largeur et 3^m de chaussée pavée en bois.

Le mur de soutènement est établi suivant un profil nouveau : sa largeur courante est de $2^m,50$, soit $\frac{1}{8}$ de la hauteur maxima qui atteint 20^m; il est élargi à sa partie supérieure sur 3^m de hauteur seulement, au moyen d'un massif de béton ordinaire de 2^m d'épaisseur, légèrement armé. A égalité du cube total de maçonnerie et de la poussée des terres, l'élargissement par le haut est équivalent, au point de vue de la stabilité, à l'élargissement par le bas, seul pratiqué jusqu'à ce jour. Mais l'élargissement par le haut, comportant une fouille moins large du pied, réduit le prisme de poussée. Il réduit le cube des déblais à grande profondeur, généralement plus durs et toujours plus coûteux à élever. Enfin, dans une grande ville, il a l'avantage important de moins empiéter sur le sous-sol de la voie publique et d'approcher moins des hautes maisons en contre-bas desquelles on doit le fonder.

Les calculs de résistance de ces deux constructions ont été établis suivant les instructions ministérielles françaises relatives aux travaux en béton armé. En raison de la nouveauté de leurs formes et de leur apparente hardiesse, la fatigue des matériaux a été limitée aux deux tiers des maxima réglementaires. On avait vérifié, par des expériences préalables, que les effets dynamiques des surcharges roulantes ne seraient pas redoutables : ces expériences ont consisté à enregistrer les vibrations du pavage de la rue de Rome au passage des omnibus à traction animale et à propulsion mécanique.

Les résultats des calculs ont été confirmés par les épreuves de résistance exécutées 3 mois après l'achèvement des platelages. Ces épreuves ont consisté à faire circuler sur les trottoirs un train de wagonnets représentant une fois et demie la surcharge réglementaire de 400^{kg} par mètre carré, et sur la chaussée un rouleau compresseur de 33^t, surcharge admise

dans le calcul; on a corsé cette épreuve en faisant passer le rouleau en vitesse sur des planches de 3^{cm} d'épaisseur clouées en travers sur le pavage en bois. L'abaissement total du nez des consoles sous l'ensemble de ces surcharges n'a pas atteint 1^{mm}. On a fait, en outre, circuler un autobus à chargement *complet* (en sacs de sable) à la vitesse de 20^{km} à l'heure, après avoir cloué sur la chaussée des planches de 6^{cm} d'épaisseur; cette épreuve, qu'on n'aurait pu rendre plus rigoureuse sans risquer de rompre les essieux du véhicule, n'a produit aucun abaissement mesurable du nez des consoles.

L'art de construire en béton armé est assez avancé aujourd'hui pour qu'on puisse projeter et exécuter sans aucune imprudence des encorbellements de beaucoup plus grande portée (soit environ le tiers de l'ouverture maxima pratiquée dans les ponts en béton armé, laquelle atteint actuellement 100^{m}). Il se présente dès aujourd'hui un grand nombre d'applications possibles de ce type de construction, qui ne s'accommodait ni de l'emploi de la maçonnerie, privée de la résistance à l'arrachement, ni de celui du métal, trop exposé à la rouille.

PHYSIQUE. — *Sur un rayonnement émis à l'intérieur des lampes à incandescence.* Note de M. **L. Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

I. Les lampes à incandescence à filament de charbon présentent parfois, lorsqu'elles sont survoltées, une lueur bleuâtre qui remplit toute l'ampoule. Cette lueur est fugitive; il est rare qu'elle dure plus d'une minute, bien que le filament continue à briller; elle s'éteint d'autant plus vite qu'on a survolté davantage; observée au spectroscope, elle montre les principales raies du mercure; lorsqu'on en approche un aimant, elle se concentre suivant le tube de force qui passe par le filament.

L'explication de ce phénomène paraît simple : les électrons émanés du charbon incandescent agissent sur la vapeur de mercure qui reste dans l'ampoule et l'ionisent en produisant le spectre de raies; dans un champ magnétique, ces électrons, émis dans toutes les directions avec de faibles vitesses, s'enroulent en hélice autour d'un tube de force contenant le point d'émission. Enfin, la suppression rapide de la lueur tient, comme nous le verrons tout à l'heure, à une émission de gaz par le filament surchauffé.

II. Pour étudier ce phénomène dans des conditions plus satisfaisantes, une lampe de 50 volts, 16 bougies, à filament de charbon, reliée à une pompe pneumatique Gaede, porte un tube latéral fermé, placé en face de

la boucle du filament. Un diaphragme, percé d'un orifice de 6^{mm} de diamètre, est placé à l'entrée du tube. On fait le vide pendant plusieurs heures, à moins d'un millième de millimètre, en élevant progressivement le voltage de la lampe jusqu'à 75 ou 80 volts.

Dans ces conditions, on voit apparaître la lueur signalée plus haut; elle remplit d'abord l'ampoule, puis traverse brusquement le diaphragme et s'allonge progressivement dans le tube en une colonne dont la longueur peut atteindre 6^{cm} à 7^{cm} Avec deux diaphragmes consécutifs, on obtient un pinceau encore plus net suivant l'axe des deux trous. La lueur, qui montre toujours au spectroscope les raies du mercure (1), a pu être photographiée sur plaque Σ avec 8 secondes de pose (*fig.* 1).

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

La longueur du pinceau lumineux croît avec la température du filament et avec le degré du vide. Une légère rentrée d'air le raccourcit brusquement; mais si on laisse les choses en l'état sans actionner la pompe, sa longueur augmente peu à peu en même temps que le vide croît spontanément; les gaz introduits ont été absorbés par le filament.

Si l'on crée un champ électrique entre le filament et une électrode placée dans le tube, la lueur est repoussée par l'électrode quand le champ part du filament (*fig.* 2): s'il est dirigé au contraire vers le filament, la lueur est attirée par l'électrode, l'entoure et perd en éclat ce qu'elle gagne en étendue.

Tous ces effets sont faciles à expliquer si l'on attribue la lueur à des électrons projetés par le filament; mais l'action d'un champ magnétique est plus inattendue :

Cette action ne se manifeste jamais par une déviation; elle a seulement pour

(1) Ce mercure provient évidemment de la pompe.

effet de raccourcir la longueur du pinceau, quelle que soit la direction du champ. Le phénomène peut s'observer, soit à l'œil nu, soit mieux encore en visant la lueur avec un spectroscope dont la fente est dirigée dans l'axe du pinceau ou normalement à cet axe; on peut ainsi se convaincre de l'absence de toute déviation latérale, tandis qu'on observe sans peine une rétrogradation de la lumière pour un champ axial, de sens quelconque, égal à 5 gauss et pour un champ transversal voisin de 2 gauss.

III. Revenons maintenant à l'action d'un champ électrique et faisons croître la différence positive $V-L$ entre le potentiel V d'une électrode placée dans le tube latéral et le potentiel moyen L du filament. Dès que $V-L$ atteint une certaine limite (voisine de 100 volts dans les conditions de l'expérience), l'aspect change brusquement: une houppe très brillante apparaît en un point de l'électrode; cette houppe se développe à mesure qu'on accroît la différence $V-L$; elle finit (pour $V-L=150$ volts) par remplir le tube latéral d'une lumière assez vive pour qu'on puisse photographier le phénomène sur plaque Σ avec 3 secondes de pose (*fig.* 3); cette lumière donne un spectre très complet du mercure, où les raies rouges sont beaucoup plus visibles que dans la lampe Cooper Hewitt.

Ainsi, il s'est établi dans la lampe un nouveau régime, plus stable que celui qui a été décrit au paragraphe II, car il peut se maintenir sans que la lampe soit survoltée; en même temps un courant s'écoule entre l'électrode maintenue au potentiel V, qui joue le rôle d'anode, et le filament. L'aspect général est celui d'un tube de Geissler où la chute de potentiel cathodique serait supprimée par l'emploi d'une cathode chaude. Mais la pression reste voisine du millième de millimètre; d'ailleurs, on n'observe rien qui corresponde à la colonne positive du tube de Geissler: une électrode parasite, aboutissant dans le tube, repousse la lueur si son potentiel est inférieur à celui de l'anode; elle l'attire et joue à son tour le rôle d'anode dans le cas contraire. Il résulte de cette règle générale que, si l'on fait passer la lueur entre deux électrodes parallèles dont les potentiels V_1 et V_2 sont l'un et l'autre inférieurs à V, la lueur, repoussée à la fois par les deux électrodes, est rejetée sur le côté, comme si elle était soumise à une action normale au champ V_1-V_2.

D'un autre côté, si l'action d'un champ magnétique faible est conforme aux lois de l'Électromagnétisme, un champ plus fort, obtenu en rapprochant suffisamment un aimant, coupe la lueur en deux, et le segment anodique présente seul la déviation électromagnétique.

On n'observe rien de semblable lorsqu'on fait fonctionner le même appareil en tube de Geissler.

IV. J'ai vainement essayé de reproduire avec les lampes à filaments de tungstène (lampes Osram de 25 volts, 16 bougies) les effets décrits aux paragraphes I et II, bien que la température du filament métallique fût certainement supérieure à celle du charbon. En revanche, les apparences décrites au paragraphe III s'observent facilement, la lampe étant alimentée sous 30 volts.

PHYSIQUE. — *Sur le travail d'aimantation.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

On entend par là le travail nécessaire pour orienter les éléments magnétiques. Les formules qu'on donne ordinairement pour le représenter sont erronées, et d'ailleurs contradictoires.

Dans un récent article, M. Houstoun [1], par exemple, l'écrit

(1) $$d\mathfrak{T}_a = \frac{v\,\mathrm{H}}{4\pi}\,d\mathrm{B},$$

tandis que Mascart [2], puis Eric Gerard [3] établissent la formule

(2) $$d\mathfrak{T}_a = \mathrm{M}\,d\mathrm{H} \quad \text{ou} \quad d\mathfrak{T}_a = \mathfrak{I}\,v\,d\mathrm{H},$$

v représentant le volume d'un barreau de fer doux soumis au champ H, M son moment magnétique dans ce champ, $\mathfrak{I}$ l'intensité d'aimantation et B l'induction. Nous allons voir qu'on doit écrire, au contraire,

(3) $$d\mathfrak{T}_a = \mathrm{H}\,d\mathrm{M} \quad \text{ou} \quad d\mathfrak{T}_a = \mathrm{H}\,d(v\mathfrak{I}).$$

1. Soit un petit barreau possédant actuellement un moment m, orienté dans le sens du champ. On sait que son énergie dans le champ est $-m\mathrm{H}$, c'est-à-dire que sa destruction sur place produirait un dégagement d'énergie $+m\mathrm{H}$.

Supposons d'abord son magnétisme *rigide*, et laissons-le se déplacer dans la direction du champ croissant : il reçoit un travail $d\mathfrak{T}_b = +m\,d\mathrm{H}$. Si, au contraire, il s'agit de fer doux, son moment varie en même temps de dm. Or le travail total reçu est égal à la diminution d'énergie :

$$d\mathfrak{T}_{\text{total}} = -d\mathrm{W} = m\,d\mathrm{H} + \mathrm{H}\,dm.$$

(1) *Philos. Mag.*, 5e série, t. XXI, janvier 1911, p. 78.
(2) Mascart, *Électricité et Magnétisme*, t. I, p. 431.
(3) Eric Gerard, *Leçons sur l'Électricité*, t. I, 1890, p. 53.

On a donc

$$d\mathfrak{S}_a = d\mathfrak{S}_{\text{total}} - d\mathfrak{S}_b = \mathrm{H}\, dm = \mathrm{H}\, d(\nu\mathfrak{Z}). \tag{3 bis}$$

Le raisonnement s'applique à un petit aimant dont l'axe fait avec le champ un angle α. L'énergie est dans ce cas $-\mathrm{H}m\cos\alpha$, le travail de déplacement $m\cos\alpha\, d\mathrm{H}$, et le travail d'aimantation $\mathrm{H}d(m\cos\alpha)$.

Pour un aimant quelconque, $\mathrm{M} = \Sigma m\cos\alpha$, et l'on retrouve bien (3), à condition que H désigne la valeur moyenne du champ dans l'espace occupé par l'aimant.

2. *Autre démonstration.* — L'élément magnétique correspondant à la trajectoire d'un électron peut être considéré comme un aimant de moment $si = \mu\lambda$, constant ou variable, dont l'axe fait un angle α avec la direction du champ. Cet angle diminue de $d\alpha$ lorsque le champ augmente de $d\mathrm{H}$, et l'élément reçoit ainsi un travail

$$d\mathfrak{S}_a = -\mathrm{H}\mu\lambda\sin\alpha\, d\alpha = \mathrm{H}\, d(\mu\lambda\cos\alpha).$$

Comme pour un aimant quelconque $\mathrm{M} = \Sigma(\mu\lambda\cos\alpha)$, on retrouve bien encore la formule (3).

3. Mascart établit la formule (2) en introduisant un barreau de fer doux dans un champ parallèle à son axe. Il écrit que le travail reçu par l'aimant quand il passe du champ H au champ $(\mathrm{H} + d\mathrm{H})$ est égal à $\mathrm{M}d\mathrm{H}$, M ayant une valeur qu'on peut considérer comme constante pendant le déplacement élémentaire, et il ajoute qu'il revient au même, au lieu d'amener le barreau dans le champ H, de créer ce champ autour de lui sans le déplacer.

Assurément le moment M obtenu est bien le même, mais le travail reçu par l'aimant est bien cette fois $\mathfrak{S}_a$, et non plus le travail absorbé par le déplacement.

De même Eric Gerard considère un feuillet plan normal au champ et écrit que si le champ augmente de $d\mathrm{H}$, l'énergie potentielle du feuillet dans le champ diminue de $\mathfrak{Z}\nu\, d\mathrm{H}$. En réalité elle diminue de $d(\nu\mathfrak{Z}\mathrm{H})$, ainsi que nous l'exprimions plus haut. L'auteur prend le terme correspondant à l'augmentation du champ, au lieu de celui relatif à l'augmentation de $\mathfrak{Z}$.

4. Pour se rendre compte de l'erreur de la formule (1), il suffit d'en reprendre la démonstration [1]. Considérant un tore de fer doux, sur lequel sont enroulés régulièrement N tours de fil, on écrit que l'énergie non dépensée sous forme de chaleur de Joule est, en négligeant les variations de

[1] Voir, par exemple, Pellat, *Cours d'Électricité*, t. II, p. 235.

volume du fer,

$$W = \int_0^t (e - ir) i \, dt = \int_0^H Nsi \, dB = \int_0^H \frac{H}{4\pi} \rho \, dB.$$

Mais si le fer n'existait pas à l'intérieur du tore, il eût été *réservé*.

$$W_1 = \int_0^H \frac{\rho}{4\pi} H \, dH = \frac{\rho H^2}{8\pi}.$$

C'est la différence seulement qui représente le travail d'aimantation :

$$\mathfrak{E}_a = W - W_1 = \int_0^H \rho H \, d\mathfrak{I} = \int_0^H H \, d(\rho \mathfrak{I}).$$

Il faut remarquer que l'énergie dépensée pour aimanter un tore ne comprend pas de terme relatif au transport. Celui-ci est gratuit, puisque, le tore étant formé de filets fermés, son potentiel en un point extérieur est nul.

5. *Remarque.* — On sait que les deux termes M dH et HdM ne sont égaux que pour les corps para- ou diamagnétiques. On a alors

$$\mathfrak{E}_a = \mathfrak{E}_b = \frac{MH}{2}.$$

Il faut noter cependant que l'application des formules (1) et (2) aux cycles d'aimantation est sans inconvénient. En effet, après plusieurs cycles parcourus dans le même sens, $\mathfrak{I}$ ne dépend plus de la valeur actuelle de H, de sorte que pour un cycle entier (fermé)

$$\int \mathfrak{I} \rho \, dH = \int H \, d(\rho \mathfrak{I}),$$

et d'autre part

$$\int H \, dH = 0.$$

C'est ainsi qu'on a pu calculer sans erreur, au moyen de ces formules, l'énergie dissipée par hystérèse.

CHIMIE. — *Sur la production de l'ammoniaque et l'économie de l'azote de la tourbe.* Note de M. **H. Woltereck**.

Dans ma Note sur la production de l'ammoniaque (*Comptes rendus*, t. 146, n° 3, p. 124), j'ai donné des résultats obtenus dans le traitement de la tourbe par un mélange d'air et de vapeur d'eau.

Il a été prétendu d'autre part que les résultats étaient dus à l'action de la vapeur seule et que l'azote de l'atmosphère n'avait rien à faire à la réaction.

Pour élucider et démontrer cette question j'ai exécuté une série d'expériences en traitant de la tourbe d'abord avec de la vapeur d'eau seule, et traitant ensuite les résidus, après que la formation d'ammoniaque avait fini complètement, et après en avoir déterminé le contenu d'azote, avec un mélange d'air et de vapeur.

Une comparaison des contenus d'azote de la tourbe sèche et des résidus des deux opérations a donné des résultats intéressants. Elle a confirmé mes expériences antérieures et prouvé qu'une augmentation d'azote sensible a pris place dans les résidus derniers (*Comptes rendus*, t. 147, n° 25, p. 1402).

Chacune des expériences des séries A et B comme celle de C de la Table avait une durée de 6 heures. Le dégagement de gaz était terminé avant 3 heures et la formation d'ammoniaque était complètement finie après 5 heures dans la série A.

Les résultats obtenus démontrent d'une façon décisive que le traitement de la tourbe par la vapeur d'eau seule ne produit guère que le tiers de la quantité d'ammoniaque obtenu dans les mêmes conditions par le mélange de vapeur avec de l'air.

Il résulte aussi que la quantité d'azote perdu dans l'action de la vapeur correspond à peu près à celle de l'azote recouvrée sous forme d'ammoniaque.

TABLE. — *Série* A. *La tourbe traitée par vapeur seule à* 450° C.

	I.	II.	III.	IV.
Tourbe brute (grammes)	50,0	50,0	100,0	100,0
Humidité (pour 100)	83,5	29,5	58,0	83,5
1. Matière sèche (gr.)	8,25	35,25	42,0	16,5
2. Résidu A (gr.)	2,39	12,47	14,31	5,21
Matière gazéifiée (gr.)	5,86	22,77	27,60	11,29
3. Az total en 1 (gr.)	0,3580	1,5290	1,8220	0,7160
Az obtenu comme AzH^3 (gr.)	0,1180	0,4928	0,6104	0,2426
4. Az contenu en 2 (gr.)	0,1006	0,5416	0,5938	0,2219
Az perdu (gr.)	0,1394	0,4950	0,6180	0,2515
Az en AzH^3 (pour 100)	32,69	32,23	33,50	33,89
Az dans le résidu A (pour 100).	28,10	35,39	32,60	30,99
Az perdu (pour 100)	39,21	32,38	33,90	35,12
Acide acétique (pour 100)	0,00	0,00	0,00	0,00

Série B. *Les résidus* A *traités par un mélange d'air et de vapeur à* 450° C.

		I.	II.	III.	IV.
5.	Matière employée (gr.)	2,0	9,91	13,46	4,88
	Résidu B (gr.)	1,0	5,30	5,71	2,10
	Matière brûlée (gr.)	1,0	4,61	7,75	2,78
6.	Az total en 5 (gr.)	0,0841	0,4301	0,5572	0,2078
	Az obtenu comme AzH^3 (gr.)	0,0425	0,1652	0,4341	0,1118
	Az dans le résidu B (gr.)	0,0506	0,2671	0,2923	0,1064
	Az dans la différence 4 — 6	0,0155	0,1115	0,0366	0,0141
	Az excédant	0,0245	0,1137	0,2058	0,0245
	Az en AzH^3 (pour 100)	50,53	40,71	77,88	53,41
	Az dans le résidu B (pour 100)	60,61	62,11	52,45	51,20
	Az en AzH^3 (pour 100 de 3)	44,55	43,03	57,32	49,49
	Az dans la matière sèche (p. 100)	4,34	4,34	4,34	4,34
	Az dans le résidu A (pour 100)	4,21	4,33	4,14	4,25
	Az dans le résidu B (pour 100)	5,06	5,04	5,12	5,07
	Acide acétique (pour 100)	0,00	0,00	0,00	0,00

Série C. *La tourbe traitée par un mélange d'air et de vapeur à* 450° C.

Tourbe brute (gr.)	100,0
Humidité (en pour 100)	61,5
Matière sèche (gr.)	38,5
Résidu (cendres) (gr.)	4,2
Matière brûlée (gr.)	34,3
Az total (gr.)	1,6709
Az obtenu comme AzH^3 (gr.)	1,7150 = 102,63 pour 100
Az dans le résidu (gr.)	0,000
Acide acétique (gr.)	0,8593 = 2,31 pour 100

Un résultat inattendu fut le défaut complet de formation d'acide acétique dans la série A des expériences, l'expérience de comparaison C ayant donné un rendement de 2,31 pour 100.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les gaz contenus dans les aciers.* Note [1] de MM. G. **Charpy** et S. **Bonnerot**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Au cours de nos recherches sur la cémentation, nous avons été amenés à effectuer une longue série d'expériences sur les gaz contenus dans les aciers. Il peut être utile de résumer les principaux résultats que nous avons obtenus

[1] Reçue dans la séance du 24 avril 1911.

sur cette question, qui est loin d'être élucidée, malgré les études importantes dont elle a déjà fait l'objet.

La technique à suivre pour l'extraction des gaz de l'acier peut présenter de nombreuses variantes, entre lesquelles il y aura lieu de choisir ultérieurement. Dans cette première série, nous avons déterminé le volume des gaz que l'on peut extraire en chauffant le métal dans le vide, à la température de 950°, adoptée à la suite d'une série d'observations analogues à celles qui ont été publiées récemment par M. Marcel Guichard. Dans ces conditions, la vitesse du dégagement gazeux diminue assez rapidement pendant les premières heures de chauffage, puis beaucoup plus lentement et semble même tendre vers une limite. Cela conduirait à supposer que les gaz recueillis proviennent en partie d'une réaction qui se produirait progressivement et ne correspondent pas exclusivement à un dégagement de gaz dissous ou occlus. Les observations suivantes nous paraissent confirmer cette manière de voir :

1° Si l'on chauffe dans les mêmes conditions deux échantillons d'un même métal, de même poids, mais amenés à l'état de fragments de dimensions différentes, on obtient aux premiers instants un dégagement beaucoup plus rapide avec les petits fragments, mais la différence s'atténue rapidement et les vitesses de dégagement, ainsi que le volume de gaz dégagé, semblent tendre vers la même limite.

Voici, par exemple, les résultats obtenus sur deux échantillons d'un acier doux Martin, employés l'un sous forme d'une plaquette de 2^{mm} d'épaisseur, l'autre sous forme de copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur. (Les vitesses de dégagement sont exprimées en centimètres cubes de gaz dégagés à l'heure par gramme de métal.)

	Vitesse de dégagement.		Volume total dégagé par 1^g de métal.	
Durée du chauffage.	Plaque.	Copeaux.	Plaque.	Copeaux.
Après une demi-journée	0,010	0,060	0,03	0,16
Après 1 jour et demi	0,025	0,015	0,25	0,29
Après 2 jours et demi	0,008	0,008	0,33	0,37
Après 3 jours et demi	0,003	0,003	0,36	0,40

2° Si l'on chauffe des poids différents d'un même métal, en copeaux de mêmes dimensions, le volume de gaz dégagé n'est pas proportionnel au poids du métal employé; le rapport des volumes dégagés est notablement plus petit que le rapport des poids et tend à diminuer quand on prolonge le chauffage.

Ainsi, en chauffant deux échantillons d'un acier Martin en copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur, pesant l'un 5^g et l'autre 1^g, nous avons obtenu, au bout d'un jour, environ 2,5 fois plus de gaz dans le premier cas que dans le second. Après 8 jours de chauffage, le volume dégagé par le deuxième échantillon atteignait les $\frac{2}{3}$ du volume dégagé par le premier.

3° Enfin, quand on chauffe un même métal sous des pressions variables, on obtient des dégagements qui, au début, sont plus importants si la pression est faible, mais qui, à la longue, tendent à s'égaliser. Ainsi, nous avons chauffé pendant 11 jours des copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur, en acier Martin à 0,80 pour 100 de carbone, soit en maintenant la pression au-dessous de $\frac{1}{1000}$ de millimètre par un fonctionnement continu de la trompe, soit en maintenant cette pression entre $\frac{4}{10}$ et $\frac{8}{10}$ de millimètre de mercure, soit une valeur moyenne environ 600 fois plus forte.

Le volume total de gaz dégagé a été trouvé :

	Sous pression de 0,001.	Sous pression de 0,6.
Après 4 jours................	1,19	0,90
Après 11 jours....	1,46	1,30

Il semble donc bien que dans les conditions expérimentales indiquées, il se produit sur le métal chauffé une réaction donnant naissance à un dégagement de gaz. Parmi les causes qui peuvent donner lieu à cette réaction, il faut considérer spécialement la vapeur d'eau que le mercure de la trompe peut entraîner dans sa circulation continue et qui vient réagir sur le métal chauffé ou plus exactement sur le carbone de l'acier chauffé, en donnant une production lente, mais indéfinie, d'un mélange gazeux d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

En multipliant les précautions pour éviter cette rentrée de vapeur d'eau, en chauffant le mercure après chaque passage et intercalant plusieurs tubes à anhydride phosphorique entre la trompe et le tube chauffé, nous avons vu diminuer graduellement l'importance du dégagement continu de gaz pendant les chauffages prolongés, mais sans pouvoir l'annuler complètement. Il est fort possible aussi que le tube en porcelaine dégage à haute température de petites quantités de vapeur d'eau qui ne peuvent être reconnues quand on chauffe le tube vide, car elles ne se transforment en gaz susceptibles d'être extraits par la trompe que par réaction sur le métal chauffé.

La technique, qui consiste à extraire les gaz des métaux par chauffage dans le vide, nécessite donc de grandes précautions expérimentales et laisse encore place à quelque incertitude en ce qui concerne l'origine des gaz extraits; il sera utile de comparer les résultats obtenus à ceux fournis par des procédés très différents, tels que la méthode par voie humide de M. Goutal.

Sous réserve des observations qui précèdent, nous donnons ci-après les résultats que nous avons obtenus pour des métaux de deux nuances de dureté, obtenus par des procédés métallurgiques différents. Les volumes de gaz sont exprimés en centimètres cubes fournis par un gramme de métal pris sous forme de copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur, chauffé à 950°.

	Volume de gaz recueilli	
	après 5 heures.	après 3 jours et demi.
Acier dur Martin (0,90 pour 100 de carbone).......	0,65	0,98
Acier dur électrique (1,05 pour 100 de carbone)....	0,55	0,75
Acier dur au creuset (1,20 pour 100 de carbone)....	0,53	0,69
Acier doux électrique (0,10 pour 100 de carbone)...	0,24	0,31
Acier doux Martin (0,10 pour 100 de carbone).....	0,29	0,41
Acier extra-doux Martin (0,07 pour 100 de carbone).	0,40	0,70
Acier extra-doux Thomas (0,04 pour 100 de carbone).	0,79	1,06

La proportion d'oxyde de carbone contenue dans ces gaz est restée comprise entre 26 et 32 pour 100.

Enfin, nous signalons qu'ayant déterminé les points critiques dans le vide d'un acier dur et d'un acier doux, nous n'avons relevé aucune variation dans la température ni dans l'intensité des dégagements thermiques observés avant ou après l'extraction des gaz.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'oxychlorure de carbone sur les sulfures artificiels et naturels.* Note de M. **Ed. Chauvenet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai montré récemment [1] que l'oxychlorure de carbone réagit très aisément sur les oxydes en les transformant en chlorures anhydres. J'ai indiqué en outre [2] que $COCl^2$ peut être utilisé très commodément pour l'attaque et pour l'analyse des oxydes naturels, et que ce procédé s'applique particulièrement avec succès à l'attaque du wolfram, du rutile, etc. Ce procédé (comme celui de M. Bourion) présente, sur les autres méthodes analytiques, l'avantage d'être très rapide; c'est pourquoi il m'a paru intéressant de l'appliquer à l'attaque et à l'analyse des sulfures, minéraux très répandus dans la nature.

J'ai d'abord commencé par faire agir $COCl^2$ sur les divers sulfures artificiels que j'avais à ma disposition, en conservant le même dispositif très simple qui m'avait servi pour la transformation des oxydes en chlorures, à savoir : le sulfure, préalablement pulvérisé, est placé dans une nacelle

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 87.

(2) Communication verbale faite à la Société chimique de France (section de Montpellier) dans la séance du 17 mars 1911.

disposée dans un tube en verre d'Iéna, en communication avec la bombe de phosgène et chauffé sur une grille à analyse.

Dès que la température limite est atteinte, on constate que la réaction est presque instantanée, ce qui est révélé, soit par l'apparition du chlorure qui se sublime en avant du tube, s'il est volatil, soit par le changement de coloration de la substance.

La réaction est la suivante :

$$MS + COCl^2 = MCl^2 + COS \ (^1).$$

Résultats obtenus :

Nature du sulfure.	Température approximative de la réaction.	Nature de la combinaison formée.
Sb^2S^3	300°	$SbCl^3$
Bi^2S^3	350	$BiCl^3$
BaS	400	$BaCl^2$
ZnS	400	$ZnCl^2$
CdS	400	$CdCl^2$
CuS	450	$CuCl^2$
HgS	350	$HgCl^2$
PbS	350	$PbCl^2$
FeS^2	350	Fe^2Cl^6
MnS	450	$MnCl^2$
NiS	450	$NiCl^2$

Les températures d'attaque sont donc assez basses.

Il convient de remarquer encore que la décomposition des sulfures par $COCl^2$ est moins exothermique que la transformation des oxydes en chlorures par la même combinaison chloro-réductrice.

En effet, dans la réaction

(1) $$MO + COCl^2 = MCl^2 + CO^2,$$

à la différence de chaleur de formation entre le chlorure et l'oxyde correspondant (différence presque toujours positive, $MCl^2 - MO > O$) il faut encore ajouter 50^{Cal}, nombre qui mesure la quantité de chaleur dégagée dans le passage de $COCl^2$ à CO^2.

Au contraire, dans la réaction

(2) $$MS + COCl^2 = MCl^2 + COS$$

(1) Cette réaction peut servir à préparer l'oxysulfure de carbone comme l'ont fait MM. Nuriesan et Weigert (*Ber. chem. Gesell.*, t. XXIV, 1891, p. 2967, et t. XXXVI, 1903, p. 1007).

du total précédent, il faut retrancher environ 65^{Cal} qui représente la différence entre le passage de $COCl^2$ à CO^2 et le passage de $COCl^2$ à COS, et d'autre part ajouter la différence (MO — MS), qui, il est vrai, est toujours positive, mais n'atteint 65^{Cal} que dans des cas exceptionnels (Mg, Al, etc.). Cependant la réaction (2) est encore exothermique et toujours possible, au moins dans tous les cas énumérés plus haut.

J'ai appliqué enfin ce procédé de chloruration à l'analyse de certains minéraux sulfurés, notamment la galène, la blende, la bournonite, le cinabre, etc.; les résultats ont toujours été satisfaisants.

A titre d'exemple, je vais indiquer brièvement la marche d'une opération effectuée pour l'analyse d'une blende. L'appareil est le même que celui qui a été utilisé précédemment, l'extrémité du tube s'engage dans un petit ballon bitubulé destiné à condenser et à recueillir les chlorures volatils. L'échantillon que j'ai analysé renfermait, outre le sulfure de zinc, des sulfures de fer et de cuivre, et des traces de sulfures d'arsenic et d'antimoine; le tube étant porté à une température de 500° environ, on voit apparaître immédiatement le chlorure de fer qui vient se condenser dans les parties froides de l'appareil, entraînant avec lui $AsCl^3$ et $SbCl^3$, il est facile ensuite de doser ce mélange; quant aux chlorures de cuivre et de zinc (non volatils à cette température), ils restent dans la nacelle et on les sépare par les réactifs ordinaires.

En résumé, l'oxychlorure de carbone convient parfaitement à la transformation des sulfures en chlorures anhydres et l'on peut fonder sur cette réaction un procédé commode d'attaque et de dosage des sulfures naturels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromuration de quelques composés hydroaromatiques.* Note de MM. **F. Bodroux** et **F. Taboury**, présentée par M. Troost.

L'action du brome, soit seul, soit en présence du bromure d'aluminium, sur les carbures hydroaromatiques retirés des pétroles russes, ayant été étudiée par un certain nombre de savants (Baeyer, Markownikof, Kijner, etc.), il nous a paru intéressant de reprendre les expériences déjà faites, en utilisant les carbures synthétiques que fournit la belle méthode d'hydrogénation de MM. Sabatier et Senderens.

A sa température d'ébullition, à l'ombre, le *cyclohexane* n'est sensiblement pas attaqué par le brome; au soleil, la réaction est régulière, elle

donne lieu à un abondant dégagement d'acide bromhydrique et fournit le bromure de cyclohexyle avec un rendement de 55 pour 100.

Pensant que les radiations ultraviolettes favoriseraient la formation de ce dérivé bromé, nous avons mis en contact, dans un ballon de quartz, placé à l'ombre et à $0^m,15$ d'une lampe à arc en quartz en activité, le cyclohexane bouillant et le brome : il n'y a pas eu de réaction.

Le *bromure de cyclohexyle* est attaqué régulièrement, à sa température d'ébullition et au soleil, par le brome. En opérant avec les quantités de substances calculées pour obtenir le dibromocyclohexane, nous avons préparé l'isomère 1.2, avec un rendement de 22 pour 100. La majeure partie du bromure de cyclohexyle se retrouve inaltérée à la fin de cette opération, dans laquelle il se forme, en petite quantité, divers produits polybromés qu'il est impossible de séparer.

Nous avons fait agir, pendant plusieurs heures, à la température ordinaire et à l'ombre, un grand excès de brome, renfermant en dissolution 1 pour 100 d'aluminium sur divers composés hydroaromatiques. Voici les résultats obtenus :

Le *cyclohexane* et le *bromure de cyclohexyle* ont donné des liquides visqueux d'où il a été impossible d'extraire un composé défini.

Le *dibromocyclohexane* 1.2 et le *cyclohexène* se sont transformés à peu près quantitativement en benzène hexabromé —C^6Br^6.

Le *méthylcyclohexane* et les *méthylcyclohexènes* 1.2 *et* 1.4 fournissent un produit visqueux et un produit solide qu'on sépare à l'aide de l'éther. Le produit solide est un mélange de plusieurs composés dont le plus abondant est le *pentabromotoluène* $C^6Br^5\text{-}CH^3$ (rendement : 20 à 25 pour 100).

Le *diméthylcyclohexane* 1.3 fournit de même une substance visqueuse et une masse solide. Celle-ci possède, après cristallisation, la composition du tétrabromoxylène $C^6Br^4\begin{matrix}-CH^3\\-CH^3\end{matrix}$ et paraît constituée par un mélange de trois isomères.

Enfin, le *menthène* et le *thymomenthène*, quelles que soient les conditions dans lesquelles on se place, ne donnent naissance qu'à des liquides visqueux.

Les résultats que nous avons obtenus, dans la bromuration, en présence du bromure d'aluminium, diffèrent en quelques points avec ceux qu'ont signalés divers savants. Le cyclohexane nous a toujours donné un produit visqueux, alors que MM. Kijner (¹) Markownikof (²) le signalent comme

(¹) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXIII, p. 20.
(²) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXX, p. 151.

fournissant un produit solide fusible entre 121° et 125°. Le méthylcyclohexane ne s'est, dans nos expériences, transformé que partiellement en toluène pentabromé, alors qu'il est signalé par MM. Kijner ([1]), Markownikof ([2]), Zelinski et Generosoff ([3]) comme fournissant quantitativement ce dérivé bromé aromatique.

Quelle est la cause de ces différences ? Nous l'ignorons. Peut-être réside-t-elle, quoique cela paraisse peu vraisemblable, dans la non-identité de constitution des hydrocarbures employés par les savants étrangers cités plus haut et par nous-mêmes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un dinaphtothiophène*. Note de M. **Lanfry**, présentée par M. A. Haller.

Dans une récente Communication ([4]) j'indiquais, parmi les produits de la réaction du soufre sur la naphtaline à la température du rouge, un corps cristallisant en écailles nacrées. C'est l'objet de cette Note.

On l'obtient avec un rendement de 0,3 à 0,5 pour 100. Il se présente, après un certain nombre de cristallisations dans le benzène, sous forme d'écailles légères, brillantes, nacrées, jaunâtres quand on les voit en masse. Il fond à 250°,5 (corr.) et bout sans décomposition notable au delà de 440° (S bouillant). Il est soluble dans le benzène bouillant, très peu soluble à froid (moins de 0,2 pour 100 à + 5°), soluble dans le chloroforme et le chlorure de carbone, peu soluble dans $C^2H^4O^2$, l'acétone et le sulfure de carbone, pratiquement insoluble dans les alcools éthylique et amylique, l'éther sulfurique et l'éther de pétrole.

L'acide sulfurique à 66° B. froid ne l'altère nullement. La solution sulfurique d'isatine, les solutions sulfurique ou acétique de phénanthrène-quinone ne donnent avec lui aucune coloration.

L'analyse a indiqué la composition centésimale suivante : C = 84,28; H = 4,84; S = 11,58. Elle correspond à la formule $C^{20}H^{12}S$ pour laquelle C = 84,50; H = 4,25; S = 11,25.

([1]) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXXI, p. 1033.
([2]) *Lieb. Ann.*, t. CCCXLI, p. 118.
([3]) *J. S. ph. ch. russe*, t. XXVIII, p. 316.
([4]) *Comptes rendus*, 9 janvier 1911, p. 92.

Le poids moléculaire a été trouvé, par la méthode cryoscopique en solution naphtalénique, égal à 270. La formule $C^{20}H^{12}S$ exige 284.

L'oxydation par la solution acétochromique a fourni uniquement de l'acide *o*-phtalique.

Ces données permettent d'établir pour ce composé l'une des formules de constitution suivantes :

ou

Ce sont celles de deux *dinaphtothiophènes* isomères, dans lesquelles deux groupes naphtaléniques se sont conservés, unis entre eux par un noyau thiophénique à carbones communs avec eux.

On connaît déjà un composé $C^{20}H^{12}S$ répondant, d'après Henriques qui l'a découvert, à l'une de ces deux formules, et décrit (¹) sous le nom de *dinaphtylène-tiophène*. Il fond à 147°.

Le brome, ajouté en excès au dinaphtothiophène, l'attaque énergiquement en dégageant d'abondantes fumées de HBr. Après élimination de l'excès de brome par évaporation à l'air et dessiccation à 100°, on obtient un résidu jaune terne, un peu soluble dans le benzène, pratiquement insoluble dans tous les autres solvants et ne cristallisant pas de sa solution benzénique. Il fond à 260° en un liquide brun.

C'est un dérivé *hexabromé*, comme l'indique l'analyse : S = 4,27 pour 100, Br = 64,35. Étant donnée l'impossibilité de purifier ce composé incristallisable, ces chiffres sont suffisamment voisins de ceux qu'exige la formule $C^{20}H^{6}Br^{6}S$: S = 4,20 pour 100, Br = 63,33.

Oxydé par l'acide chromique en solution acétique, le dérivé perd une partie de son brome et fournit l'acide dibromophtalique-3.6, fusible à 135°. Cela permet d'attribuer à l'hexabromodinaphtothiophène la formule

(¹) *Berichte d. d. ch. Ges.*, 27ᵉ année, p. 2993.

de constitution suivante :

CH CH
CH 4 5 6 CBr CBr CH
CBr 3 1 C C CBr
2 C C
C C
CBr CBr
C C
CH S CH

ou son isomère en admettant, par raison de symétrie, que le troisième Br, celui que l'oxydation a libéré, était, comme les deux autres, fixé sur le carbone le plus voisin des carbones communs aux noyaux benzéniques du naphtalène.

L'acide nitrique fumant est sans action sur le dinaphtothiophène à froid et à 100°. A l'ébullition, il le dissout en un liquide rouge, d'où l'eau précipite de volumineux flocons d'un beau jaune orangé. Lavés et séchés, ces flocons donnent une poudre jaune fusible vers 210° en un liquide orangé. Elle est très peu soluble à froid, un peu plus à chaud, dans le benzène; très peu soluble dans l'alcool, peu soluble dans le chloroforme, soluble à froid dans l'acétone; l'éther sulfurique, l'éther de pétrole, le sulfure de carbone, l'acide acétique ne la dissolvent pas. Ses solutions, jaunes, ont des propriétés acides et virent au rouge par les alcalis.

L'analyse fournit les chiffres suivants, qui correspondent au dérivé *tétranitré* : S = 6,45 pour 100, N = 12,05; calculé pour $C^{20}H^{8}(NO^{2})^{4}S$: S = 6,89, N = 12,07.

L'acide sulfurique à 66° B. est sans action sur le dinaphtothiophène à la température ordinaire; à 100° il le noircit et le dissout lentement. A l'ébullition, la carbonisation est complète.

L'acide fumant à 10 pour 100 de SO^{3} carbonise lentement les cristaux nacrés, dès la température ordinaire. En aucun cas, on n'obtient de dérivé sulfoné par action directe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxy-indazols.*

Note de M. P. **Freundler**, présentée par M. A. Haller.

L'action du perchlorure de phosphore, à basse température, sur les acides azoïques orthosubstitués, donne naissance à des composés chlorés

que, pour diverses raisons, j'ai été amené à considérer comme des oxy-indazols chlorés [1] :

$$C^6H^4\langle{}^{CO^2H}_{Az = Az.C^6H^5} + PCl^5 = HCl + POCl^3 + C^6H^3Cl\langle{}^{C.OH}_{Az}\rangle Az.C^6H^5.$$

Ayant poursuivi cette étude, j'ai pu démontrer directement la constitution de ces produits, dont j'ai déterminé également les propriétés essentielles [2].

I. *Constitution.* — L'existence du noyau indazylique et la position du groupe OH et des atomes de chlore résultent des faits suivants :

Lorsqu'on chauffe au bain-marie un mélange d'oxychlorure et de pentachlorure de phosphore (1^{mol}) avec le dichloroxyphénylindazol décrit antérieurement (*loc. cit.*), on obtient un *dérivé trichloré* (aiguilles blanches, fusibles à 172°,5, aisément sublimables), de formule $C^{13}H^7Az^2Cl^3$. Cette substance est identique à celle qu'on obtient en faisant agir le chlore (3^{mol}) sur une solution acétique de phénylindazol ; c'est donc un trichlorophénylindazol. De plus, quand on l'oxyde par l'acide chromique acétique, on le transforme en un *acide benzène-azo-dichlorobenzoïque* (petits prismes rouges fusibles à 142°-143°), dont la constitution résulte du fait que l'hydrosulfite de soude le scinde facilement en aniline et en acide dichloro-3.5-amino-2-benzoïque déjà connu. Cet acide azoïque se forme aussi par oxydation directe du dichloroxyphénylindazol.

Il s'ensuit que : 1° les oxyphénylindazols renferment bien le noyau indazylique ; 2° que le groupement OH de l'oxy-indazol et l'atome de chlore qui le remplace dans le trichlorophénylindazol sont fixés sur le carbone central (7) ; 3° que les 2^{at} de chlore du noyau se trouvent en position 3 et 5 :

C.OH / Cl (5) ... Cl (3) ... Az.C^6H^5 / Cl Az	CCl / Cl (5) ... Cl (3) ... Az.C^6H^5 / Cl Az
Oxydichlorophénylindazol (fus. 187°).	Trichlorophénylindazol (fus. 172°,5).

---

[1] *Comptes rendus*, t. 143, p. 909.

[2] Je dois rappeler ici que MM. Weiler et Kobylinski, d'une part, et MM. Grandmougin et Freimann, d'autre part, ont décrit deux dérivés oxy-indazyliques obtenus par des procédés assez différents. Je citerai aussi les beaux travaux de M. Bamberger sur l'aldéhyde *o*-azoxybenzoïque, au cours desquels ce savant a obtenu l'acide oxy-indazylbenzoïque et sa lactone, décrits quelque temps auparavant par M. Carré et par moi.

Cette démonstration comporte en outre comme conséquence la fixation de la formule des dérivés bromés, nitrés et sulfonés du phénylindazol [1], qui sont évidemment aussi substitués en position 3, 5 et 7. C'est ce que je me propose de vérifier incessamment.

II. *Propriétés des oxy-indazols.* — *a.* Le groupement OH confère à ces corps des propriétés analogues à celles des phénols.

En effet, le dichloroxy-indazol se dissout dans l'ammoniaque et les alcalis en formant des sels stables (*sel de potassium* en paillettes blanchâtres, solubles dans l'eau et l'alcool), que l'acide carbonique décompose partiellement. Il fournit un *éther méthylique*, $C^6H^2Cl^2C(OCH^3)N^2C^6H^5$, en prismes fusibles à 144°,5, et un *dérivé benzoylé*, $C^6H^2Cl^2.C(O^2C^7H^5)N^2.C^6H^5$, en aiguilles fusibles à 204°, par action respectivement du sulfate de méthyle et du chlorure de benzoyle en présence d'alcali. Avec le chlorure d'acétyle (mais non l'anhydride acétique), on obtient un *acétate* en gros prismes fusibles à 133°. En revanche, l'oxy-indazol ne se condense pas avec le phénol, comme le fait le triphénylcarbinol, en présence d'acide sulfurique.

b. Les oxy-indazols ont des propriétés basiques faibles.

Ils donnent, en milieu anhydre ($CHCl^3$), des *chlorhydrates* dissociables par l'eau. Ils s'unissent aussi à l'oxychlorure de phosphore, *sans dégagement d'acide chlorhydrique*, pour former des composés du type $C^6H^2Cl^2.C(OH)N^2.C^6H^5,POCl^3$, décomposables par l'eau.

c. Le noyau des oxy-indazols (comme d'ailleurs celui du phénylindazol) présente deux points facilement attaquables (positions 3 et 5).

Ainsi, l'action du chlore non desséché sur le mélange des oxyphénylindazols monochlorés 3 et 5 fournit de l'acide dichloro-3.5-benzène-azobenzoïque fusible à 143°. Dans les mêmes conditions, l'acide azoïque monochloré-5 n'a pas été transformé.

d. Enfin, la caractéristique des oxyphénylindazols est leur transformation extrêmement facile en acides azoïques correspondants.

Cette oxydation peut être réalisée par le permanganate à froid, par l'acide azotique ordinaire (quantité théorique) en solution acétique froide à 5 pour 100, et mieux encore par l'hypochlorite de soude en solution alcaline (quantité théorique). Dans ce dernier cas, si l'on opère à froid, on peut isoler un produit intermédiaire (paillettes vertes), *exempt d'alcali*, qui réagit sur l'iodure de potassium en présence d'acide acétique; cette substance se transforme d'ailleurs spontanément au contact des eaux mères, lentement à froid, très vite à chaud, en acide azoïque correspondant. Je poursuis actuellement l'étude de cette singulière réaction.

---

[1] Paal et Lücker, *D. ch. G.*, t. XXVII, p. 48.

J'ajouterai en terminant que la transformation des acides azoïques en oxy-indazols chlorés peut être réalisée par le chlorure d'acétyle ou même le gaz chlorhydrique, à condition toutefois que le noyau carboxylé porte déjà une substitution en position 5 (acide benzène-azo-chloro-5-benzoïque, etc.). Si le noyau n'est pas substitué, on obtient des produits absolument différents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'alcools tertiaires α-cétoniques.* Note de M. **D. Gauthier**, présentée par M. A. Haller.

La réaction de Blaise qui permet de passser des cyanhydrines aldéhydiques $R_1 - CHOH - CAz$ aux alcools secondaires α-cétoniques

$$R_1 - CHOH - CO - R_2,$$

ainsi que nous l'avons indiqué dans une précédente Note ([1]), s'applique tout aussi bien aux cyanhydrines des acétones $\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>\!COH - CAz$ qu'elle transforme en alcools tertiaires α-cétoniques du type

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>\!COH - CO - R_3$$

Ces nouveaux alcools cétoniques se distinguent des précédents parce qu'ils ne réduisent plus, même à chaud, la liqueur cupro-potassique, ni l'azotate d'argent ammoniacal.

1° *Méthyl-2-oxy-2-butanone-3* $CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}OH - CO - CH^3$: obtenue avec un rendement de 75 pour 100 en traitant $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CAz$ par CH^3MgI; constitue un liquide incolore, mobile, dont l'odeur rappelle celle de la menthe sauvage, bouillant à 79° sous 730mm. Se prête très bien à la réaction de Legal et fournit, quoique plus lentement que les acyloïnes déjà étudiées, une semi-carbazone cristallisée fondant à 180°.

Schmidt et Austin ([2]) ont déjà décrit comme étant l'oxy-isopropylméthylcétone un liquide résultant de la décomposition par l'acide chlorhydrique de la méthoxy-isopropylméthylcétoxime. Ce liquide, qui bout

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1100.
([2]) Schmidt et Austin, *D. ch. G.*, t. XXXV, p. 3724.

à 141°-142° sous 745mm et dont la semi-carbazone fond à 164°-165° est loin de ressembler à celui que nous avons obtenu, lequel a pourtant sa constitution justifiée par son mode de formation et ses réactions. Ce mode de formation trouve lui-même une vérification dans ce fait qu'en traitant, d'une façon analogue, le même oxynitrile initial $\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!COH - CAz$ par $\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!CHMgI$ nous avons retrouvé l'oxycétone

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!COH - CO - CH\!<\!\frac{CH^3}{CH^3}$$

que Blaise et Herman [1] ont récemment obtenue par hydratation de la méthovinylisopropylcétone.

D'ailleurs, *a priori*, les conclusions de Schmidt et Austin paraissent inadmissibles si l'on établit le parallèle suivant : dans les composés bien connus

	Ébullition.		Ébullition.
$CH^2OH - CAz$.........	183°	$CH^2OH - CO - CH^3$...	145°-146°
$CH^3CHOH - CAz$......	182°-184°	$CH^3CHOH - CO - CH^3$.	144°-145°

la substitution à $- CAz$ du groupement $- COCH^3$ provoque un abaissement du point d'ébullition d'environ 40°. Il semble donc tout naturel qu'il en soit encore ainsi lors du passage de

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!COH - CAz \quad \text{ébull. } 120° \quad \text{à} \quad \frac{CH^3}{CH^3}\!>\!COH - CO - CH^3$$

et que le point d'ébullition de ce dernier corps soit, par conséquent, voisin de 80°. C'est bien là le résultat que nous fournit l'expérience, alors que le chiffre de Schmidt et Austin (141°-142°) s'éloigne considérablement de cette valeur.

Avec l'idée de pouvoir obtenir de la pinacone, nous avons soumis notre oxycétone à l'action de CH^3MgI; mais, cette fois, la fonction alcoolique seule est entrée en jeu, car le traitement par l'eau a simplement régénéré l'alcool cétonique.

2° *Méthyl-2-oxy-2-pentanone-3* $CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{COH}} - CO - CH^2 - CH^3$:

obtenue par l'action de C^2H^5MgBr, sur $\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!COH - CAz$; bout à 96°-98° sous 725mm.

---

(1) Blaise et Herman, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XX, p. 173.

3° *Méthyl-3-oxy-3-pentanone-2* $CH^3 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\overset{}{COH}} - CO - CH^3$:

obtenue par l'action de CH^3MgI sur $\begin{matrix} C^2H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>COH - CAz$; bout à 94° sous 729^{mm}.

Nous nous proposons d'appliquer la méthode de synthèse que nous venons d'établir à la préparation des alcools α-cétoniques primaires $R - CO - CH^2OH$ pour faire ensuite une étude d'ensemble des trois types d'alcools α-cétoniques, primaires, secondaires, tertiaires et de leurs dérivés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Examen cristallographique de quelques fluorures obtenus par M. Henri Moissan et ses élèves.* Note [1] de M. **A. de Schulten**, présentée par M. A. Lacroix.

Bifluorures. — $BaFl^2$ (M. C. Poulenc), très petits octaèdres réguliers, à bons reflets. Isotrope. L'angle a^1a^1 mes. 70°23′, calc. 70°32′. Clivages octaédriques nets (l'angle des faces de clivage mes. 109°43′, calc. 109°28′), comme dans la fluorine.

$SrFl^2$ (M. C. Poulenc), octaèdres réguliers, à bons reflets. Isotrope. L'angle a^1a^1 mes. 109°28′. Clivages octaédriques nets (l'angle des faces de clivage mes. 109°49′).

$MnFl^2$ (MM. Moissan et Venturi), prismes quadratiques rose clair. Les reflets sont bons, en général. On observe les faces $m(110)$ et $a^1(101)$. On a mesuré $mm(110)(\bar{1}10)$ 90°0′, $mm(110)(1\bar{1}0)$, 89°57′, a^1m $(101)(110)$ *66°26′, d'où $c=0,6856$. Isomorphe avec la sellaïte ($c=0,6596$). Sur les faces m l'extinction est longitudinale. Une lame taillée perpendiculairement à l'axe c montre la croix des cristaux uniaxes. Le signe est positif, comme dans la sellaïte. Clivages nets suivant m, comme dans la sellaïte. Les cristaux sont tantôt de longs prismes quadratiques sans facettes nettes aux extrémités; tantôt des prismes aplatis, terminés à l'une des extrémités par une seule face $a^1(101)$. On observe aussi des macles suivant a^1, comme sur la sellaïte. Ces macles sont hémiédriques. Ils présentent les faces $m(110)$ et $m(\bar{1}\bar{1}0)$, dominante, $a^1(101)$, $a^1(011)$, $a^1(\bar{1}0\bar{1})$ et $a^1(0\bar{1}\bar{1})$. L'angle sortant $mm(110)(\bar{1}\bar{1}0)$ a été trouvé égal

[1] Présentée dans la séance du 1er mai 1911.

à 47° 5', calc. 47° 8'. Dans les macles, l'extinction sur *m* se fait sous un angle de 24° avec la trace de la macle (calc. 25° 15').

$NiFl^2$ (M. C. Poulenc), prismes quadratiques verts, isomorphes avec $MnFl^2$ et présentant les mêmes faces et macles hémiédriques que celui-ci. On a mesuré *mm* (110)($\bar{1}$10) 90° 5', *mm* (110)(1$\bar{1}$0) 89° 54', a^1m (101)(110) *66° 52', d'où $c = 0,6682$. Sur les macles on a mesuré l'angle sortant *mm* (110)($\bar{1}\bar{1}$0) 46° 11', calc. 46° 16'. Les extinctions sont longitudinales, le signe est positif. Clivages nets suivant *m*.

$CoFl^2$ (M. C. Poulenc), petits prismes quadratiques roses (*mm* mes. 89° 56') avec a^1 (101). Les cristaux sont trop petits pour permettre de mesurer l'angle a^1m. Sur *m* les extinctions sont longitudinales. Le signe est positif.

$FeFl^2$ (M. C. Poulenc), petits prismes quadratiques jaunâtres (*mm* mes. 90° 4'), a^1m 66° environ. Les cristaux sont trop petits pour permettre de mesurer cet angle plus exactement.

Fluorures doubles. — $CdFl^2, 2KFl$ (M. C. Poulenc), tables quadratiques incolores. Faces : *p* (001), *m* (110), $b^{\frac{1}{2}}$(111). Angles mesurés : $b^{\frac{1}{2}}p$ (111)(001) *74° 0', $b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$(111)(11$\bar{1}$) 31° 58' (calc. 32° 0'), *pm* (001)(110) 90° 0', d'où $c = 2,466$. Les cristaux sont uniaxes, positifs.

$NiFl^2, 2KFl$ (M. C. Poulenc), tables quadratiques vertes, ayant jusqu'à 1^cm^ de côté. Les reflets sont mauvais. Faces : *p*, *m* et rarement $b^{\frac{1}{2}}$, peu développée ($b^{\frac{1}{2}}p$ 73° 34', mesure approximative). Les cristaux sont uniaxes négatifs. Examinés sur une face *m* ils ne montrent pas de pléochroïsme.

$CoFl^2, 2KFl$ (M. C. Poulenc), tables quadratiques rouges, offrant les mêmes faces que les fluorures précédents ($b^{\frac{1}{2}}p$ 72° 50'). Les cristaux sont uniaxes négatifs et pléochroïques sur une face *m*.

$ZnFl^2, 2KFl^2$ (M. C. Poulenc), tables quadratiques incolores, offrant les mêmes faces que les composés précédents ($b^{\frac{1}{2}}p$ 72° 7' appr.). Les cristaux sont uniaxes négatifs.

Tous ces fluorures doubles ont des clivages nets suivant *p* et *m*.

Sesquifluorures. — Cr^2Fl^6 (M. C. Poulenc), petits cristaux rhomboédriques verts, souvent très allongés suivant un axe quaternaire. Un des plus gros cristaux mesure $0^{mm},25 \times 0^{mm},1 \times 0^{mm},04$. Les reflets sont bons. On observe seulement la surface *p* (10$\bar{1}$1). Pour les trois angles (10$\bar{1}$1)($\bar{1}$101), ($\bar{1}$101)(0$\bar{1}$11) et (0$\bar{1}$11)(10$\bar{1}$1), on a trouvé les va-

leurs 93°0', *92°56' et 92°56'. Les cristaux sont souvent maclés suivant $b^1(01\bar{1}2)$, comme la calcite. Ces macles répétées se révèlent par des stries, sur $(10\bar{1}1)$ perpendiculaires à la direction de l'axe c, et sur $(\bar{1}011)$ et $(0\bar{1}11)$ parallèles à l'arête de ces deux faces. L'extinction est diagonale. Clivages faciles suivant $p(10\bar{1}1)$.

Fe^2Fl^6 (M. C. Poulenc), petits cristaux rhomboédriques vert pâle. Pour les trois angles pp (voir Cr^2Fl^6), on a trouvé les valeurs *91°54', 91°44' et 92°0'. Les macles sont celles du fluorure de chrome. Clivages faciles suivant p.

Pour le sesquifluorure d'aluminium, Henri Sainte-Claire Deville a trouvé l'angle du rhomboèdre égal à 88°30' environ. On a ainsi pour ces trois sesquifluorures les angles pp suivants :

Cr^2Fl^6	92°56'
Fe^2Fl^6	91.54
Al^2Fl^6	91.30

Fluorure double. — $Cr^2Fl^6, 6KFl$ (M. C. Poulenc), petits octaèdres isotropes d'un beau vert. Les mesures ont donné pour l'angle de l'octaèdre des résultats variant de 109°49' à 109°13', calc. 109°28'.

AGRONOMIE. — *Bouillie anticryptogamique au savon de cuivre colloïdal.* Note de MM. **V. Vermorel** et **E. Dantony**, présentée par M. A. Müntz.

Dans deux Notes précédentes, sur les bouillies insecticides ou fongicides mouillantes (¹), après avoir exposé ce qu'on pouvait attendre de l'abaissement de la tension superficielle des bouillies, nous avons insisté sur l'avantage qu'il y aurait à obtenir des bouillies pouvant recouvrir les plantes d'une couche préservatrice formant une enveloppe continue.

Jusqu'ici, la forme spéciale du fongicide (à l'état de précipité) était un obstacle sérieux à la formation de cet enrobement continu. Les composés cupriques colloïdaux ne présentent évidemment pas les mêmes inconvénients, mais leur concentration, trop faible, ne permettait pas de les envisager comme fongicide.

Aussi nous avons dû écarter le cuivre colloïdal de Brédig, trop peu concentré, très oxydable et coûteux.

La préparation de l'hydrate cuivrique, en présence d'un colloïde stable, gélatine par

(¹) *Comptes rendus*, 12 décembre 1910, 3 avril 1911.

exemple, nous a permis de préparer des solutions colloïdales assez économiques, mais nécessitant une addition de savon pour mouiller.

Les tentatives faites, jusqu'à ce jour, dans le but de réunir cuivre et savon dans une même solution, sans formation de précipité, avaient échoué. M. Gastine signalait récemment ce fait [1], auquel il remédiait par l'emploi d'émulsions de pétrole dues à la saponine.

Après de nombreux essais, nous avons réussi à obtenir des savons de cuivre à l'état colloïdal, à concentrations suffisantes pour l'emploi agricole.

Notre bouillie fongicide, aux savons de cuivre, se prépare de la façon suivante :

1° Dissoudre 500^g de sulfate de cuivre dans 50^l d'eau;

2° Dissoudre 2000^g [2] de savon, exempt d'alcali, dans 50^l d'eau. *A l'inverse de ce qu'on a toujours fait en pareille matière*, verser la solution cuprique dans la solution savonneuse.

En opérant ainsi, au lieu du précipité énorme et poisseux ordinaire des savons de cuivre, on a un liquide opaque, bleu verdâtre, d'une tension superficielle aussi faible que celle des solutions simples de savons alcalins, mouillant les grappes comme le ferait de l'alcool.

Ce liquide, dialysé et soumis à une différence de potentiel de 110 volts, se concentre à l'anode. Après une centrifugation de plusieurs heures, de même qu'après un repos de 5 mois, on n'observe aucune trace de dépôt. La tension superficielle reste constante.

Les savons de cuivre colloïdaux, par nous obtenus, se précipitent, après dialyse, sous l'influence des sels de métaux plurivalents surtout par les sels d'alumine. L'addition d'un colloïde stable, de même signe électrique, $\frac{1}{1000}$ de gélatine, par exemple, lui donne une stabilité suffisante pour résister à cette action précipitante dans les limites de la pratique.

Avant la dialyse, les précipitations, sous l'influence des électrolytes, ne se produisent pratiquement pas.

La formule ci-dessus s'entend pour l'eau de pluie. Pour les eaux chargées de sels de chaux, la quantité de savon doit être augmentée, mais, dans ce cas, les savons de chaux qui prennent naissance n'ont pas la forme grumeleuse habituelle, ils sont, au contraire, très ténus et ne sauraient, par conséquent, encrasser les pulvérisateurs.

On peut obtenir aisément des savons de cuivre plus concentrés, en opé-

---

(1) *Comptes rendus*, 27 février 1911.

(2) Quantité variable avec la pureté des savons.

rant à chaud et en tenant compte des proportions ci-dessus indiquées. Par le refroidissement, le savon de cuivre, englobé dans le savon alcalin en excès, se prend en masse. Cette matière solide, séchée et réduite en poudre, se dissout à chaud en donnant de nouvelles solutions colloïdales.

L'industrie pourrait donc, si l'efficacité de ces bouillies colloïdales aux savons de cuivre était démontrée, par des essais en grand, livrer à l'agriculture un produit tout prêt à l'emploi.

Nos expériences sur les savons d'argent, celles de MM. Lumière sur l'argent colloïdal nous permettent d'espérer que les savons colloïdaux de cuivre pourront rendre quelques services à la viticulture. Des essais avec des bouillies au savon de cuivre, renfermant de 100^g à 500^g de sulfate de cuivre par hectolitre, seront particulièrement intéressants à faire.

Les savons convenant pour ces préparations sont les savons blancs, aussi riches que possible en oléate de soude et ne contenant ni carbonate de soude, ni hydrates alcalins en excès.

Le stéarate de soude, qui se trouve en quantités notables dans presque tous les savons en poudre, rend difficile la préparation des savons de cuivre colloïdaux. D'une façon générale, le stéarate doit être proscrit de toutes les formules insecticides ou fongicides contenant du savon. Il résulte, en effet, de nos essais que sa présence amène une augmentation importante de la tension superficielle et une diminution du coefficient de solubilité.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des consonnes.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Une consonne est un bruit supra-laryngien qui précède ou suit la vibration aéro-laryngienne intermittente qu'on appelle *une voyelle.*

La parole articulée se trouve donc composée de deux sortes de vibrations très différentes : des vibrations intermittentes, les voyelles; et des vibrations continues irrégulières non périodiques : les consonnes.

Je vais étudier aujourd'hui les consonnes au point de vue de leur classification et de leur durée.

Classification. — Pour établir une classification des consonnes, j'ai opéré de la façon suivante :

J'ai pris la photographie de chacune d'elles en ayant soin de faire dérouler le papier assez lentement (chaque ligne dure $\frac{1}{3}$ de seconde) de manière

à ne pas dissocier les vibrations; on obtenait ainsi la forme générale de la consonne. Il devenait alors facile de réunir ensemble les tracés qui avaient une certaine ressemblance. Tous les tracés se divisent immédiatement en deux grandes classes :

a. Les tracés en deux parties sont ceux des consonnes dans la formation desquelles la bouche et le nez interviennent; ce sont les nasales M, N, NG.

b. Les tracés en une partie sont ceux des consonnes qui se forment dans la bouche; ces tracés se subdivisent en trois catégories :

1° L'amplitude du tracé part de zéro pour augmenter peu à peu (F, S, J) : consonnes continues;

2° L'amplitude du tracé est, d'emblée, maxima et s'atténue peu à peu (B, D, G; P, T, K) : consonnes explosives;

3° Le bruit se produit par saccades (L, R) : consonnes vibrantes.

Cette classification, d'après les tracés, correspond tout à fait à celle de certains grammairiens.

Durée. — Dans un mot, les consonnes ont, comme durée, une importance beaucoup moins grande que les voyelles; prenons pour exemple le mot *bonjour* prononcé correctement; si l'on prend comme unité la durée du son le plus court *r* ($\frac{1}{24}$ de seconde) :

b dure 1,5 fois plus; *on*, 15 fois plus; *j*, 2 fois plus; *ou*, 21 fois plus. Les voyelles durent donc environ 10 à 20 fois plus que les consonnes.

On s'explique alors pourquoi, dans le cas d'hypoacousie au début, certaines parties d'un mot sont moins bien entendues; tantôt ce sont les consonnes qui disparaissent, les premières, quand ce sont les centres auditifs correspondant aux bruits qui sont malades; tantôt, au contraire, ce sont les voyelles, quand ce sont d'autres centres qui sont lésés.

De plus, dans les otites scléreuses, l'audition des voyelles se maintient mieux, simplement parce que la voyelle dure plus longtemps et par conséquent peut mettre en branle l'oreille moyenne ankylosée.

Applications. — 1. Étant donné qu'une consonne n'est qu'un bruit commençant ou finissant une voyelle, il est logique, quand on apprend à lire aux enfants, de leur faire joindre dès la première leçon les voyelles aux consonnes : c'est la méthode qui correspond aux tracés photographiques; il résulte qu'avec ce procédé, qui du reste est employé et porte le nom de *Méthode Janicot*, les enfants apprennent en 3 mois ce que les autres, avec des procédés différents, apprennent en 1 an.

2. Il arrive que les élèves de chant donnent un coup de glotte au com-

mencement d'un exercice sur une voyelle, c'est-à-dire qu'ils laissent au début échapper l'air trachéal sous une pression trop forte qui écarte brusquement les cordes vocales.

Pour corriger ce défaut beaucoup de professeurs de chant font commencer l'exercice en appuyant la voyelle sur une consonne explosive, B par exemple. Le coup de glotte laryngien se trouve supprimé et remplacé par une petite explosive labiale qui a beaucoup moins d'importanee.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Le neuroplasma est mobile.* Note de M. N.-A. **Barbieri**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le neuroplasma est le contenu des cellules nerveuses, des prolongements nerveux et des nerfs.

Le neurosplama est fluide et mobile.

En effet, si l'on comprime fortement, avec une pince, l'extrémité d'un segment de nerf (optiques de bœufs, sciatiques de chevaux), il est facile de chasser des gaines de Schwann un contenu demi-liquide, demi-solide, laiteux, épais, très dense, d'une couleur blanc de neige. Ce contenu, ou neuroplasma, est chassé de la partie extrême du segment du nerf, tantôt sous la forme de toutes petites sphérules ou gouttelettes, tantôt sous la forme de tout petits cylindres dépourvus de conjonctif (gaines de Schwann).

La partie du nerf comprise entre les branches de la pince est le conjonctif.

Ce conjonctif est représenté par l'accolement des différentes gaines de Schwann, lesquelles enveloppent chaque cylindre de neuroplasma. Malgré la forte compression, les gaines neurales (gaines de Schwann) n'ont guère perdu leur forme tubulaire. On peut, par ces mêmes gaines neurales vides, chasser une nouvelle quantité de neuroplasma, si l'on exerce une pression également forte dans la partie extrême et normale du segment du nerf situé en amont des gaines neurales qui ont été accolées par la compression.

Par des compressions successives exercées toujours en amont de la dernière partie du nerf comprimé, on arrive à chasser de nouvelles quantités de neuroplasma.

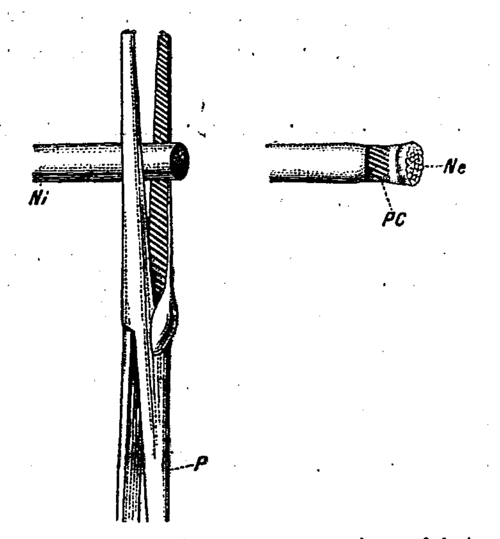
En opérant ainsi on peut vider presque complètement un segment de nerf de tout son neuroplasma et assister au cheminement successif de ce neuroplasma à travers les différentes zones de compression.

L'examen histologique des parties comprimées a montré qu'elles étaient formées dans leur totalité par des gaines neurales.

Le neuroplasma, pour ainsi dire extravasé, présente au microscope (mélange osmio-bichromate) le même aspect qu'il présente lorsqu'on étudie

die un tube nerveux (¹) parfaitement isolé (mélange osmio-bichromate).

Les segments de nerf frais, laissés quelque temps dans l'alcool, le formol, la pyridine, les solutions de sublimé ou de sels d'arsenic, soumis à la même pression ci-dessus décrite, n'abandonnent pas la moindre trace de neuroplasma. Le neuroplasma, par ces différents agents, communément appelés *fixateurs*, est coagulé et passe de l'état demi-liquide, demi-solide à l'état solide et fibrillaire. Même le neuroplasma extravasé, soumis à l'action de l'alcool et du formol et coloré ensuite par les substances colorantes, les plus généralement employées en histologie, prend la forme fibrillaire.



Manière de comprimer un segment du nerf frais.
Ni, Nerf normal; *P*, Pince; *PC*, Partie du nerf comprimé; *Ne*, Neuroplasma extravasé.

Cette même forme fibrillaire se présente lorsque le neuroplasma extravasé est soumis à l'action du nitrate d'argent.

Ainsi toutes les images obtenues après avoir, comme on dit, fixé le tissu nerveux dans l'alcool, le formol, le sublimé, les sels d'arsenic, doivent être considérées comme erronées.

Des segments de nerfs frais, laissés quelque temps au contact de l'eau distillée, à peine chloroformée, des solutions d'acides faibles ou d'alcalis faibles, des solutions de chlorures sulfates et carbonates alcalins, ne perdent pas la propriété de laisser extravaser le neuroplasma, s'ils sont soumis à une pression très forte.

(¹) *Comptes rendus*, 3 juin et 17 juin 1907.

Ces nouvelles recherches confirment les résultats annoncés à Bruxelles (1) à l'occasion du IIe Congrès fédératif des Anatomistes, à Vienne à l'occasion du VIIIe Congrès international de Physiologie (2), et à Londres à l'occasion du VIIe Congrès international de Chimie (3).

ENTOMOLOGIE. — *La lutte contre les chenilles xylophages de la Zeuzère* (Zeuzera pyrina *L.*) *dans les forêts de chênes-lièges.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Il y a quelques années, on constatait dans les forêts de chênes-lièges du massif de l'Edough (département de Constantine) un dépérissement des arbres qui se manifestait par le desséchement partiel de la cime et même par la mort des jeunes sujets. En certains cantons, la proportion des arbres attaqués était très élevée.

Appelé par la Société anonyme des lièges de l'Edough à rechercher la cause du mal et le moyen de l'enrayer, nous reconnûmes que le principal déprédateur était un Lépidoptère hétérocère, le *Zeuzera pyrina* L., dont la chenille creusait le tronc et les branches des arbres en pleine vigueur. Dans une Note publiée ici-même (4), nous avons défini le caractère des dégâts causés par cette chenille.

Au moment où la même espèce envahit les forêts du département d'Alger, il nous paraît utile de faire connaître les procédés de destruction, aujourd'hui consacrés par trois années d'expérience, qui ont permis de combattre efficacement la Zeuzère dans l'Edough.

Les chênes attaqués par la Zeuzère se reconnaissent aisément : 1° à la présence, au-dessous de l'orifice de chaque galerie, d'une tache brune arrondie pouvant atteindre la largeur de la paume de la main; cette tache est due à l'écoulement de la sève;

(1) Vereinigter internationaler Anatomen-Kongress : Brüssel, 7-11 August 1910. 24. Versammlung der anatomischen Gesellschaft; 12e Réunion de l'Association des Anatomistes ; Meeting of the American Association of Anatomist ; Meeting of the Anatomical Society of Great Britain and Ireland. Im *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft*, 1910, p. 145-176 : N.-A. Barbieri, *La circulation nerveuse neuroplasmatique*.

(2) VIII. Internationaler Physiologen-Kongress : Wien, 27-30 September 1910. — N.-A. Barbieri, *On the nerv circulation by means of nervous tubes.*

(3) *The proceedings of the seventh international Congress of applied Chemistry.* London, Mai 27th to June 2nd 1909. — N.-A. Barbieri, *The chemical composition of the nervous system.*

(4) P. Lesne, *Sur un Lépidoptère hétérocère* (Zeuzera pyrina *L.*) *nuisible au chêne-liège en Algérie* (*Comptes rendus*, 2 mars 1908).

2° à la présence sur le sol, au-dessous de l'orifice de chaque galerie, d'un petit amas d'excréments rejetés par la chenille; 3° au dessèchement partiel de la cime, lorsque l'arbre est atteint depuis un certain temps.

La tache produite par l'écoulement séveux est particulièrement apparente et caractéristique. Lorsqu'elle est très humide et comme mouillée, elle décèle presque à coup sûr la présence de la chenille dans la galerie correspondante.

Dans nos premiers essais de traitement des arbres, nous injections à l'aide d'une seringue, dans les galeries habitées, un volume de 6^{cm^3} à 8^{cm^3} de sulfure de carbone pur ou additionné au vingtième de créosote de hêtre. L'orifice était aussitôt après luté avec du plâtre ou, plus commodément, avec de l'argile. Mais l'obligation de diriger le jet suivant la galerie principale, c'est-à-dire de bas en haut, amenait l'écoulement d'une grande partie du liquide au dehors, avant que l'orifice ait pu être obturé. Néanmoins, plusieurs des arbres ainsi traités ayant été abattus une huitaine de jours après l'opération et leur tronc ayant été fendu, nous constations chaque fois la mort des chenilles à l'intérieur des galeries ayant reçu l'injection.

Pour obvier aux inconvénients que présentait l'injection, nous fîmes alors fabriquer des capsules de sulfure à enveloppe gélatineuse et de forme longue et effilée, capables d'être facilement introduites dans les galeries. L'expérience montre qu'il suffit d'un laps de temps de 24 heures pour que la capsule ainsi disposée et isolée de l'extérieur par le bouchon d'argile, ait son enveloppe dissoute et pour que la chenille soit tuée. Ce résultat est obtenu grâce à l'état d'humidité constante des parties de la galerie voisines de l'orifice. Dans des cas assez rares, l'existence d'un bourrelet ligneux de nouvelle formation autour de l'orifice, oblige à agrandir celui-ci à l'aide d'une serpette pour permettre l'introduction de la capsule.

On pouvait se demander si le sulfure de carbone, mis ainsi en contact avec les tissus de l'arbre, n'avait pas une influence fâcheuse sur la végétation. Au mois d'août 1907, nous avions marqué un certain nombre d'arbres ayant reçu des injections de sulfure. Nous les avons retrouvés en excellent état en octobre 1908. En particulier, l'un d'eux, qui n'avait pas reçu moins de six injections, était couvert d'une belle frondaison et la circonférence de la portion démasclée de son tronc avait passé, dans l'intervalle des 14 mois, de 41^{cm} à $42^{cm},75$. L'emploi des capsules, pratiqué depuis sur une large échelle, n'a jamais donné de mécomptes à cet égard.

Ainsi les capsules de sulfure de forme appropriée permettent de lutter d'une manière pratique et efficace contre les chenilles de Zeuzères vivant dans les parties facilement accessibles de l'arbre, tronc et branches princi-

pales. Quant aux menues branches, elles aussi fréquemment attaquées par la Zeuzère; on les supprime par l'élagage, en ayant soin de badigeonner les sections vives au coaltar, afin de parer dans une certaine mesure à l'invasion subséquente d'autres xylophages, tels que le *Cerambyx Mirbecki* Luc. (Coléoptère longicorne).

La Société des lièges de l'Edough n'ayant rien négligé pour que le traitement institué par nous fût appliqué d'une manière générale dans son exploitation, aujourd'hui, après trois années de mise en pratique, l'invasion de la Zeuzère paraît être complètement enrayée. L'exemple donné a fait des adeptes et le traitement est en voie de se généraliser dans la région.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'embryogenèse provoquée chez l'œuf vierge d'Amphibiens par inoculation de sang ou de sperme de Mammifère. Parthénogenèse traumatique et imprégnation sans amphimixie.* Note de M. **E. Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

Avec l'œuf de *Bufo*, j'ai prouvé de façon péremptoire l'apport substantiel qui se superpose au traumatisme dans la parthénogenèse des Amphibiens. L'embryogenèse obtenue sur ce matériel avec le sang de Grenouille est un gros argument, non seulement contre toute idée de spécificité, mais contre toute hypothèse de karyogamie, puisque la conjugaison du pronucleus mâle de Grenouille, dans l'amphimixie croisée, condamne les ébauches à l'avortement. Mais la démonstration expérimentale se renforce singulièrement si nous empruntons l'élément actif aux animaux à sang chaud.

De nombreuses opérations avec le sang de Cobaye m'avaient donné des résultats positifs chez *Rana fusca*, mais la fin de la saison est moins propice au contrôle. Il semble qu'après stagnation dans l'utérus les œufs soient plus largement envahis par les éléments du milieu intérieur : car, malgré toutes les précautions, les témoins piqués me donnaient toujours quelques développements.

Ici encore, l'œuf de *Bufo* [1] va servir de criterium. Mais nous élargirons notre cadre avec l'hypothèse qu'une pulpe élémentaire quelconque peut fournir les mêmes résultats. Aux essais avec le sang, nous en joindrons d'autres, avec la pulpe de rate ou une trituration testiculaire fourmillant de spermatozoïdes.

---

(1) Les expériences qui suivent, faites d'abord sur les œufs de *Bufo vulgaris*, ont été répétées avec le même succès sur ceux de *Bufo calomita*.

Dans cinq expériences successives (dont le détail sera donné ailleurs), le stock d'une même femelle était réparti sur une quinzaine de lots comprenant chacun environ 200 œufs. En plus du sang, je tirai d'un Mammifère (soit le *Cobaye*, soit le *Rat*) 2 pulpes : rate et testicule. Un Poisson (*Carpe* ou *Brochet*) fournissait également du sang et un liquide testiculaire. J'utilisais simultanément le sang de *Bufo*, et deux récipients témoins étaient traités par la simple piqûre. *Tous les lots humectés rapidement et légèrement des fluides énumérés ci-dessus m'ont donné, après piqûre, au minimum* 10 *à* 15 *pour* 100 *et, dans certains cas, jusqu'à* 60 *pour* 100 *de belles morulas. J'ai compté en moyenne* 5 *pour* 100 *de bouchons d'Ecker*. Il est très difficile de pousser à bout l'embryogenèse à cause de l'infection inévitable avec un développement lent. *En isolant les ébauches, j'ai obtenu un bon nombre d'embryons bien conformés*, mais aucun n'a pu jusqu'ici arriver à la première métamorphose. Comme toujours, *les témoins piqués n'ont pas fourni un seul clivage régulier, pas une seule gastrulation.*

Aussi, non seulement le principe accélérateur venu du milieu n'est pas spécifique, non seulement il n'est pas propre aux éléments sanguins des animaux à sang froid, puisqu'on peut utiliser un Mammifère, mais ce principe actif paraît banal et répandu dans les tissus les plus divers.

Mais l'expérimentation n'est qu'une voie détournée pour appuyer la non intervention du matériel étranger dans l'équilibre chromatique des cinèses normales et effectivement parthénogénésiques.

L'étude cytologique est en effet d'une difficulté inouïe et n'a pu être ébauchée jusqu'ici que sur les œufs de *Rana fusca* recueillis l'an dernier.

J'ai vu, à la première division, au contact de blocs chromophiles, un système d'asters, étranger à la figure bipolaire du pronucleus femelle divisé.

J'ai retrouvé, à la deuxième division sur l'un des segments, des asters plus faibles répondant aussi à la traînée de piqûre, et respectant le rythme régulier des cinèses. Mais on objectera toujours qu'avec les irrégularités du développement rien n'indique le sort ultérieur des éléments étudiés. Voici une observation plus significative. Parmi les divisions anormales qui condamnent une ébauche à l'avortement, arrêtons-nous sur les divisions précoces en 3. Une dizaine d'œufs, soigneusement repérés, donnent des morulas partielles : *l'un des trois segments n'a pas évolué, et c'est celui qui correspond à la piqûre*. On conçoit qu'un système astérien assez puissant isole un territoire sans noyau *vrai*, un *cytoblastomère, les deux autres segments répondant à la division typique, celle du pronucleus femelle* [1].

---

[1] Je glisse sur les complications, sur les divisions simultanées en 4, et autres plus irrégulières. Une analyse grossière sépare immédiatement les *clivages précoces* et les *clivages tardifs*. Et parmi les premiers on distinguera : 1° ceux qui répondent à des cinèses bipolaires bien équilibrées (*ils sont minorité et compatibles avec la morphogenèse*); 2° ceux qui répondent à des cinèses pluripolaires ou à la séparation de cytoblastomères.

Tels sont, avec le nombre réduit des chromosomes, les faits morphologiques qui confirment provisoirement les résultats expérimentaux.

Mais quelle est la nature du principe actif inoculé par le stylet? Jusqu'ici, le plasma sanguin s'est montré inactif, comme le sérum et même le sang laqué; et il semble bien que je n'introduise ce principe actif que par le véhicule d'un élément figuré. Ceci n'exclut pas l'*hypothèse d'un catalyseur* que le stylet traversant une gangue ne saurait apporter en quantité voulue pour fournir un travail donné dans un temps relativement court.

Certains faits méritent d'être soulignés :

1° *La laitance de Carpe chauffée un quart d'heure ou une demi-heure à 45° active nettement les œufs, bien que ses éléments soient complètement inertes.*

2° Le processus qui, après simple piqûre, se déroule tardivement avec des asters faibles, apparaît beaucoup plus tôt après inoculation, et avec les centres hyaloplasmiques puissants; il répond à la définition des phénomènes catalytiques.

3° *L'intensité de l'accélération est variable.* Les divisions précipitées que j'ai déjà signalées pour le sang de Poisson sont plus frappantes encore avec le sperme du même type. Dans mes expériences sur les œufs de Crapaud, elles se dessinent trois quarts d'heure ou une heure plus tôt qu'avec le sang de Bufo et se succèdent avec une grande rapidité; de là un émiettement souvent anormal et une abondance de morulas abortives.

Dans l'ordre des idées mises en avant par Delage et en tenant compte du développement des asters hyaloplasmiques, on songerait à une *plasmase;* si, dans la voie ouverte par Locle, on s'attache aux processus d'oxydation, on pourra faire intervenir une *catalase*.

C'est le domaine de l'hypothèse.

Mais les données acquises, et en particulier l'emploi du sperme de Poisson ou de Mammifère, imposent un rapprochement. *L'imprégnation sans amphimixie n'est qu'un cas particulier du processus accélérateur déterminé sur l'œuf par l'introduction spontanée ou expérimentale d'une cellule étrangère.* Dans la fécondation pure ou croisée, l'amphimixie est une condition spéciale surajoutée à ce *processus général.*

C'est ainsi que, chez les Amphibiens, *l'inoculation brutale d'un spermatozoïde étranger, incapable de soudure, devient un procédé courant de parthénogenèse*, et la généralisation qui précède enlève à la formule son allure paradoxale.

A la base de la *parthénogenèse traumatique*, j'ai isolé la *réaction initiale* avec ses conséquences, uniformes malgré la variété des tactismes mis en jeu. *Le deuxième facteur exclut, lui aussi, toute spécificité. C'est l'inoculation à l'œuf vierge d'un principe accélérateur non seulement « commun à tous les spermes », mais banal par la variété des tissus susceptibles de le fournir.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'acidité originelle du lait.* Note [1] de MM. **Bordas** et **Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

De nombreux travaux ont été publiés au sujet de la réaction du lait, et pour beaucoup d'auteurs le lait frais est amphotère, c'est-à-dire qu'il a à la fois une réaction alcaline et une réaction acide.

Vaudin, dans son travail [2] sur la constitution du lait, a montré qu'en traitant le lait par de l'alcool, par de la présure, ou par filtration dans un vase poreux, le petit lait ou le sérum obtenus a une acidité moindre que le lait entier.

Vaudin conclut que la réaction acide du lait est due *principalement* aux matières protéiques qu'il contient et que les variations d'acidité qui se produisent dans le cours de la lactation dépendent des modifications survenues *simultanément* dans la nature et les proportions relatives des diverses matières protéiques et des éléments du lait.

Nous avons été amenés, dans l'étude sur la constitution du lait que nous poursuivons depuis de nombreuses années, à reprendre cette question si complexe et si controversée de l'origine de l'acidité initiale des laits.

Nous insisterons tout d'abord sur l'importance du choix de l'indicateur à employer.

Nous voyons en effet que les laits ont :

1° Une réaction alcaline en présence d'hélianthine ou de lackmoïde ;

2° Une réaction dite *amphotère* en présence de tournesol ;

3° Une réaction acide en présence de phtaléine du phénol.

Pour étudier la réaction du lait, la phtaléine du phénol est l'indicateur le mieux approprié.

Nous avons examiné successivement les éléments solubles et insolubles en précipitant plusieurs portions de 10^{cm^3} de lait par le réactif alcool à 65° acétique au $\frac{1}{1000}$ que nous avons indiqué dans une Note précédente [3].

Ce réactif, tel qu'il est employé, ne dissout aucun des sels insolubles du lait. Le lavage du coagulum a été fait avec de l'alcool à 50°.

Nous avons donc pu examiner l'acidité :

1° Du lactosérum ; 2° du coagulum (beurre-caséine) contenant les sels insolubles ; 3° de la caséine et des sels insolubles ; 4° de la caséine pure.

---

(1) Présentée dans la séance du 1er mai 1911.

(2) Vaudin, *Sur la constitution du lait* (*Bulletin de la Société chimique*, 1892).

(3) Bordas et Touplain, *Comptes rendus*, avril 1905.

Les titrages ont été faits soit directement, pour le lactosérum, par de la soude $\frac{N}{10}$, soit par rétrotitrage pour les matières solides au moyen de la soude $\frac{N}{10}$ et de l'acide $SO^4H^2\ \frac{N}{10}$. Nous avons d'autre part déterminé l'acidité de 10^{cm^3} de lait en expérience et en réactifs employés.

Voici les résultats que nous avons obtenus : l'acidité étant exprimée en centimètres cubes de soude $\frac{N}{10}$ on a pour :

	cm³
10^{cm^3} de lait pur	1,5
Réactifs (alcool 65° acétique et alcool de lavage)	6,0
Lactosérum	6,0
Coagulum (beurre, caséine, sels insolubles)	1,6
Caséine débeurrée et sels insolubles	1,6

Nous voyons, d'après ce Tableau, que l'acidité initiale du lait se retrouve intégralement sur la caséine et les sels insolubles.

Si nous examinons de plus près la caséine contenant les sels insolubles $\left(\text{acidité } 1^{cm^3},6 \text{ en NaOH } \frac{N}{10}\right)$ nous constatons que :

En la traitant par une solution aqueuse acétique à 3 pour 1000 et en lavant ensuite la caséine avec de l'eau, nous obtenons une caséine déminéralisée et nous observons les acidités suivantes en soude $\frac{N}{10}$:

	cm³
Réactifs employés (sol. acétique à 3 pour 100 et H^2O de lavage)	22,5
Liquides recueillis après traitement de la caséine	21,5

La dissolution des sels minéraux contenus dans la caséine, après traitement à l'acide acétique, n'augmente donc pas l'acidité des réactifs employés; au contraire, nous constatons une perte en acide acétique correspondant à $22^{cm^3},5 - 21^{cm^3},5 = 1^{cm^3}$ de NaOH $\frac{N}{10}$.

Nous avons cherché d'où provenait cette perte et nous avons constaté que la caséine, après le traitement à l'acide acétique, avait augmenté d'acidité d'une quantité absolument égale à celle de l'acide acétique disparu; cette augmentation provient de la caséine déplacée du caséinate de chaux. L'acide acétique disparu se retrouve, comme nous l'avons vérifié, en solution à l'état d'acétate de chaux.

En tenant compte, dans cette expérience, de l'acidité de la caséine déminéralisée, on en déduit que la caséine libre préexistant dans le lait a une acidité qui correspond à celle du lait.

Ces résultats ont été confirmés en filtrant du lait sur bougie Berkefeld. Pendant tout le temps que le liquide filtré est optiquement vide l'acidité est nulle, mais nous avons mesuré une légère acidité lorsque l'ultramicroscope nous a révélé des corps en suspension (matières albuminoïdes).

En résumé les divergences d'opinion, qui existent entre les différents savants qui ont étudié la constitution du lait, résident uniquement dans l'emploi d'indicateurs qui ne répondait pas aux conditions expérimentales voulues.

L'acidité originelle d'un lait, en utilisant la phtaléine, démontre que cette acidité est exclusivement due à la caséine libre. L'expérience montre dans ces conditions aussi qu'il n'existe au début dans le lait aucun acide libre, lactique, citrique, ni aucun sel à fonction acide.

Cette constatation peut fournir, lorsqu'on se place toujours dans les mêmes conditions, des données intéressantes pour la recherche du mouillage.

Enfin, par suite de la fermentation du lactose, l'acidité du lait augmente du fait de la caséine déplacée du caséinate de chaux, ainsi que du phosphate monocalcique formé par l'action de l'acide lactique sur le phosphate bicalcique préexistant dans le lait.

L'acidité lactique n'apparaît à l'hélianthine qu'après avoir réagi sur les sels précités.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriété glycogénique de la dioxyacétone.* Note de M. **St. Mostowski**, présentée par M. L. Maquenne.

Le rôle des trioses dans l'économie animale n'a pas encore été étudié à ma connaissance. Un des deux trioses, la dioxyacétone, est relativement facile à obtenir par la méthode de M. G. Bertrand [1]. Étant donnée sa constitution chimique, qui la rapproche à la fois de la glycérine et des glucoses, on pouvait supposer que son étude physiologique fournirait d'intéressantes données.

J'ai commencé cette étude par la recherche du pouvoir glycogénique. Les résultats de mes expériences font le sujet de la présente Note.

La dioxyacétone dont je me suis servi était préparée par la méthode de M. G. Bertrand et se présentait sous l'aspect d'une poudre blanche, cristalline. En ajoutant un peu

---

[1] G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 842-844 et p. 984-986.

d'eau à cette poudre, on obtient une sorte de pâte; c'est avec cette pâte qu'on a gavé des poules, tenues préalablement à jeun pendant 4 ou 5 jours. La marche des expériences était calquée sur les expériences classiques d'Otto-Voit ([1]). La quantité de substance utilisée pour une expérience était de 30^g, 50^g et, dans les deux dernières expériences, 60^g et 61^g de dioxyacétone. Les poules étaient tuées 7 heures et demie à 8 heures après l'ingestion du sucre. Pour le dosage du glycogène dans le foie et, d'autre part, dans 100^g de muscles, je me suis servi de la méthode de Pflüger ([2]). Dans chaque essai, une poule placée exactement dans les mêmes conditions servait de contrôle.

Le glucose obtenu par l'hydrolyse du glycogène était dosé par la méthode de M. G. Bertrand ([3]). Dans le cas où la quantité de glycogène était suffisante, on faisait parallèlement le dosage polarimétrique du glycogène. La concordance des chiffres obtenus d'après ces deux méthodes, ainsi que le pouvoir rotatoire du sucre résultant de l'hydrolyse du glycogène, prouvaient que la substance analysée était le glycogène ordinaire donnant du glucose par hydrolyse.

Voici les résultats des expériences :

Quantité de dioxyacétone administrée.	Poids des animaux (poules).	Durée du jeûne.	Poids des animaux après le jeûne.	Poids du foie.	Glycogène du foie d'après le pouvoir réducteur (en gr.).	Glycogène par la méthode polarimétrique.	Pourcentage du glycogène dans le foie.	Glycogène contenu dans les muscles (en gr.).	Glycogène total par kilog. de poids d'animal après le jeûne.
Témoin...	1810	4	1550	27,5	0,013	»	0,047	0,066	0,051
$29^g,5$.....	1907	4	1666	29,5	0,982	»	3,33	0,398	0,828
Témoin...	1880	4	1719	26,1	0,043	»	0,165	0,181	0,130
50^g.......	1667	4	1506	28,6	2,123	2,148	7,42	0,774	1,924
60^g.......	1687	5	1495	39,8	3,426	3,67	8,61	0,267	2,47
Témoin...	1667	5	1438	29,5	0,297	»	1,00	0,145	0,308
61^g.......	1122	5	960	26,5	1,700	1,82	6,41	0,403	2,19
Témoin...	1164	5	1015	14,9	0,012	»	0,08	0,149	0,226

Ces quatre expériences montrent une assez forte accumulation de glycogène dans le foie. On en trouve $0^g,98$, $2^g,14$, $3^g,4$, $1^g,8$, tandis que le foie des animaux témoins n'en renferme que $0^g,013$, $0^g,043$, $0^g,297$, $0^g,012$.

Dans les muscles, je n'ai constaté que des traces de glycogène.

Dans toutes les expériences, je dosais le sucre non absorbé ou excrété pendant la durée des expériences. Je préparais pour cela un extrait alcoolique des matières fécales et des intestins avec leur contenu. Après l'éva-

([1]) Carl Voit, *Zeitsch. f. Biologie*, Bd. XXVIII, 1891, p. 243.

([2]) *Pflügers Archiv*, t. CXIV, 1906, p. 231.

([3]) G. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 1285.

poration de l'alcool, je dosais le pouvoir réducteur du résidu aqueux. Après ingestion de 50^g de dioxyacétone, il n'y avait que des traces minimes de substance réductrice. Après l'ingestion de 60^g, je pouvais retrouver $1^g,53$ de dioxyacétone non résorbée ou déjà excrétée.

Ces expériences semblent prouver que le foie possède le pouvoir de transformer la dioxyacétone, sucre à 3^{at} de carbone, en glucose, sucre à 6^{at}. Ce résultat est d'autant plus intéressant qu'on peut le rapprocher des expériences concernant le rôle de la glycérine dans l'économie animale.

D'après les expériences de Van Deen (1), Sigmund Weiss (2), Luchsinger (3), Külz (4), la formation de glycogène aux dépens de la glycérine est très vraisemblable. Celles de Grube (5), Cremer (6), et, notamment, de Lüthje (7), ont donné des preuves décisives de la transformation de la glycérine en glucose.

La dioxyacétone étant transformée aussi en glycogène, comme je viens de le démontrer, il est très vraisemblable que c'est par l'intermédiaire d'un triose qu'a lieu la formation synthétique du glucose aux dépens de la glycérine. Les recherches de Ed. Buchner ont conduit à supposer que les trioses sont les produits intermédiaires entre les hexoses et l'alcool; plus récemment, Fernbach (8) a donné des preuves expérimentales que les trioses sont des termes de passage au cours de la dégradation du sucre par le *Tyrothrix tenuis*.

Inversement, les trioses pourraient jouer ce rôle de termes de passage dans les processus synthétiques des organismes supérieurs, notamment dans la transformation de la glycérine en sucre. Cette hypothèse a été faite par plusieurs auteurs, notamment par M. G. Bertrand (9); mes expériences sont le premier essai de preuve expérimentale.

---

(1) Van Deen, *Archiv für die holländischen Beiträge*, t. III, p. 25 et 61.

(2) Sigmund Weiss, *Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien*, Bd. LXVII, 1873, Abteilung 3, p. 5.

(3) *Pflügers Archiv*, Bd. VIII, 1874, p. 289.

(4) Külz, d'après Pflüger, *Glykogen*, 1905, p. 239.

(5) Karl Grube, *Verhandlungen des Kongresses für innere Medicin, Wiesbaden*, 1908, p. 531.

(6) M. Cremer, *Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Morphologie und Physiologie in München*, 27 mai 1902.

(7) Lüthje, *Deutches Archiv für klinische Medizin*, vol. 80, p. 101.

(8) Fernach, *Comptes rendus*, 28 nov. 1910.

(9) *Étude biochimique de la bactérie du sorbose* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 1904).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le suc de levure de bière.* Note de M. E. KAYSER, présentée par M. L. Maquenne.

Buchner et ses collaborateurs, Harden et Young et d'autres encore, nous ont fait connaître l'action de différents sels sur la zymase alcoolique. J'ai montré, dans un travail fait en collaboration avec M. Marchand (1), que les sels de manganèse exercent une action favorisante sur les ferments alcooliques et permettent d'obtenir des rendements plus élevés en alcool. Il m'a semblé intéressant d'étudier ces mêmes sels avec le suc de levure obtenu par le procédé Lebedeff. J'ai comparé les phosphate et nitrate de manganèse avec les mêmes sels potassiques. Ces sels, dont les Tableaux indiquent la concentration, ont été ajoutés, soit au liquide de macération de la levure desséchée (numéros simples), soit au liquide du témoin (macération sans sels), proportionnellement au volume du liquide employé (numéros *bis*).

De la levure de bière Demory a été partagée en deux lots, dont l'un est pressé et abandonné à 25°, l'autre abandonné tel qu'il venait de la brasserie, à 25° ; ils sont ensuite traités d'après le procédé Lebedeff.

Expériences. — 10^{cm^3} de suc sont additionnés de $0^{cm^3},1$ de toluène et de 5^g de saccharose, puis abandonnés à la température ordinaire ; le dégagement gazeux commence au bout de 5 à 15 minutes. Sont comparables les tubes 1, 1 *bis*, 4, 4 *bis* (équivalents en Ph) ; 1, 1 *bis*, 2, 2 *bis* (équivalents en manganèse) ; 2, 2 *bis*, 3, 3 *bis* (équivalents en Mn et K) ou encore les mêmes numéros dans les deux séries. En posant la quantité de sucre disparu du témoin égale à 100, on a les rapports suivants :

	Proportion centésimale du sel.							
	Phosphate de manganèse 100^{mg}.		Nitrate de manganèse 90^{mg}.		Nitrate de potasse 30^{mg}.		Phosphate monopotassique 108^{mg}.	
Témoin.	1.	1 *bis*.	2.	2 *bis*.	3.	3 *bis*.	4.	4 *bis*.
	A. *Levure pressée* (durée : 84^h).							
100.....	136	123	139	125	105	100	139	113
	B. *Même levure non pressée.*							
100.....	172	137	135	113	135	129	135	130

(1) *Comptes rendus*, t. 144.

Ces expériences montrent que les sels de manganèse ont exercé une action favorable, comparable à celle du phosphate de potasse; l'action est plus prononcée lorsqu'on ajoute le sel au liquide de macération (tubes 1 et 2) qu'au liquide témoin (1 *bis*, 2 *bis*). Il convient d'ajouter que les tubes à nitrate de manganèse donnaient encore un dégagement abondant de gaz quand les autres étaient pour ainsi dire arrêtés, au moment de l'analyse.

On voit en outre que l'état de la levure, au moment de la soumettre à la dessiccation, a une grande importance; il en est de même de la température de macération. M. Lebedeff ne me semble pas avoir suffisamment précisé ces deux facteurs ni dans sa Note du 3 janvier à l'Académie, ni dans sa communication du 27 janvier à la Société chimique de France, seules données connues à la date du 3 avril. Ces deux facteurs expliquent les nombreux résultats négatifs trouvés par moi-même et par d'autres expérimentateurs.

Des lots de la même levure abandonnés plus ou moins longtemps donnent, après dessiccation et macération, des sucs d'activité très variable.

J'ai obtenu les sucs les plus actifs avec de la levure de bière abandonnée au préalable jusqu'à 35 ou 40 heures à 25°; la levure, ensuite desséchée et macérée avec 3 parties d'eau, donne des liquides qui, filtrés et mis avec du sucre (60 pour 100), montrent le dégagement gazeux souvent après 5 minutes.

La nature de la levure a également son importance; ce point, comme bien d'autres dans l'obtention du suc Lebedeff, reste encore à éclaircir. Mais ce sera toujours le mérite de ce savant d'avoir ouvert une voie nouvelle pour l'étude des sécrétions microbiennes.

M. W. de Fonvielle adresse une Note intitulée : *Astronomie cométaire. Quelques arguments nouveaux en faveur de la théorie de Fontenelle.*

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Lois relatives aux mouvements des protubérances solaires.* Note de MM. **H. Deslandres** et **V. Burson**.

Dans une Note récente, l'un d'entre nous [1] a annoncé une dissymétrie curieuse d'un phénomène spectral observé aux bords extrêmes Est et Ouest du Soleil, dans la recherche de la vitesse linéaire de rotation des vapeurs atmosphériques. En général, on mesure cette vitesse par la différence des déplacements que subit, d'après le principe de Doppler-Fizeau, une raie noire de la vapeur, lorsqu'on passe d'un point du bord au point diamétralement opposé. Cette méthode avait été appliquée à la petite raie noire K_3, qui occupe le milieu de la large raie solaire K, attribuée au calcium, et qui est particulièrement intéressante du fait qu'elle décèle la couche supérieure de la chromosphère; de plus, on avait eu soin de juxtaposer à la raie solaire, la raie terrestre du calcium; ce qui a permis d'avoir non seulement le déplacement relatif qui suffit pour la vitesse de rotation, mais le déplacement absolu de la raie solaire.

Or le déplacement absolu vers le violet du bord extrême Est a été trouvé notablement inférieur au déplacement absolu vers le rouge du bord extrême Ouest; il est même, avec la raie K_3, environ trois fois plus petit. Cette différence, en raison de sa grandeur, en raison de la hauteur de la couche considérée, n'est pas imputable à la pression; elle a été rapportée, au moins

(1) H. Deslandres, *Recherches sur les mouvements des couches atmosphériques solaires par le déplacement des raies spectrales. Dissymétrie et particularités du phénomène* (*Comptes rendus*, t. 152, janvier 1910, p. 233).

provisoirement, à la dispersion anomale et à la dépendance étroite du déplacement Doppler-Fizeau et de l'indice de la vapeur.

La dissymétrie due à cette dernière cause doit être masquée en grande partie dans les couches basses, formées par un mélange de vapeurs nombreuses qui ont chacune une influence sur la valeur de l'indice de réfraction. Elle est notable seulement dans les couches élevées qui comprennent une ou deux vapeurs. Mais, au-dessus de la chromosphère et de sa couche supérieure, qui atteignent une hauteur de 10 secondes d'arc environ, il y a les protubérances qui s'en détachent et sont beaucoup plus hautes. Nous nous sommes demandé si les protubérances avaient aussi la dissymétrie des déplacements constatée dans la couche K_3 de la chromosphère, et nous les avons étudiées à ce point de vue sur les nombreuses épreuves de vitesse radiale obtenues à Meudon depuis le commencement de l'année 1908.

Or, au cours de cette recherche, nous avons reconnu dans les protubérances une propriété inattendue de leurs déplacements et mouvements radiaux, propriété qui est bien nette et peut être exposée immédiatement. Les résultats sur la dissymétrie des déplacements seront publiés plus tard.

La propriété nouvelle est la suivante :

En général, le déplacement de la raie K_3 protubérantielle a le même signe que le déplacement, dû à la rotation, de la même raie au bord intérieur solaire et de plus a une valeur plus grande [1]. Cela est vrai surtout, comme on le verra plus loin, pour les parties de la protubérance qui sont immédiatement au-dessus de la chromosphère proprement dite.

Au premier abord tout semble se passer comme si, au moins dans les premières couches au-dessus de la chromosphère, la vitesse de rotation était croissante avec l'altitude.

Le fait a été constaté sur les épreuves obtenues journellement à Meudon avec notre spectroenregistreur des vitesses, qui relève automatiquement en quelques minutes les déplacements de la raie K_3 sur le Soleil entier. Le disque est enregistré par 140 sections parallèles, distantes de 13 secondes d'arc environ, et d'une longueur totale de 18^m sur l'épreuve ; au delà du bord, les protubérances sont relevées également par les mêmes sections, au moins lorsque la pose est suffisante.

La mesure de tous les déplacements sur une seule épreuve est extrême-

---

[1] Pour préciser, on peut ajouter que le déplacement supplémentaire dans la protubérance est notablement plus grand que celui qui, éventuellement, peut être rapporté à une augmentation de la distance à l'axe de rotation.

ment longue, comme on l'a remarqué déjà plusieurs fois ([1]). Elle exige plus de 30000 pointés. Mais, dans le cas présent, l'observation sur les protubérances a été seulement qualitative et a pu être rapide. On a noté simplement, et en s'aidant d'un fil réticulaire, le sens du déplacement de la raie brillante protubérantielle par rapport à la raie noire la plus voisine du bord et dans la même section.

Le Tableau suivant résume le résultat de la recherche sur les 602 protubérances enregistrées en 1908. Le spectroengistreur des vitesses a été employé dans les premiers mois avec un réseau, puis à partir d'août avec un train de trois prismes, qui est plus convenable; et, dans cette seconde période, le beau temps aidant, les épreuves ont été plus nombreuses. La protubérance est visible sur une ou plusieurs sections, et le nombre total des sections mesurables s'élève à 1846. On les a divisées ci-dessous en quatre ou même cinq groupes, d'après le sens et les particularités du déplacement. Souvent les protubérances hautes ont à leur base un déplacement dans un sens, et plus haut un déplacement de sens opposé, ou même plusieurs alternances de déplacements contraires. Ces cas particulièrement intéressants sont réunis dans une colonne spéciale.

Tableau des déplacements relatifs des protubérances de 1908.

	Déplacement relatif		Déplacement relatif dans les deux sens:		
	vers le rouge.	vers le violet.	la base vers le rouge.	la base vers le violet.	Déplacement relatif inappréciable.
Est (1088 sections)......	48	740	21	95	184
Ouest (758 sections).....	439	97	50	5	167

Un fait remarquable se dégage de ce Tableau : neuf fois sur dix, lorsque le déplacement est appréciable, il a lieu dans le sens que la rotation impose au bord solaire considéré. Lorsque le déplacement pour une même section se présente dans les deux sens, la même règle subsiste pour la partie inférieure de la protubérance.

Le relevé précédent, fait avec soin, se rapporte à la seule année 1908, et il conviendra d'étendre la recherche aux épreuves anciennes, relativement peu nombreuses, de 1892 à 1894, de 1902 à 1905, et aussi aux séries plus récentes et très riches de 1909, 1910 et 1911. Un premier examen très

([1]) Voir, en particulier, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 182.

rapide de ces épreuves permet d'affirmer que le phénomène est analogue, sinon identique.

D'autre part, la question de savoir si les déplacements Est et Ouest sont égaux ou inégaux n'est pas encore éclaircie. Les premières mesures ont été faites sur quelques protubérances brillantes, choisies au hasard parmi celles qui ont des mouvements dans un seul sens, et elles ont montré que les déplacements relatifs et les vitesses correspondantes, mesurés à la même hauteur, au-dessus de la chromosphère, à 7 secondes et 14 secondes d'arc, sont très différentes d'une protubérance à l'autre. Les vitesses ont varié de 1^{km} à 20^{km} par seconde. Dans ces conditions, il faut faire intervenir toutes les protubérances et comparer les moyennes, en tenant compte aussi peut-être de la latitude. La recherche est extrêmement longue et ne peut être menée à bien rapidement par l'Observatoire qui n'a pas de bureau de mesures; mais Deslandres estime qu'elle peut fournir des données précieuses sur la constitution réelle des couches qui sont au-dessus de la chromosphère supérieure.

Enfin, dans une Note prochaine, Deslandres montrera que les propriétés des protubérances, présentées dans la Note actuelle et dans plusieurs Notes antérieures, s'expliquent bien par une ascension des ions solaires combinée avec l'existence d'un champ magnétique de faible intensité, extérieur à la chromosphère et analogue au champ magnétique terrestre.

M. **J. Carpentier** présente à l'Académie un nouvel intrument de dessin, l'*aphégraphe* (αφη, contact) qui a été imaginé par M. *Guillery* pour résoudre un problème de quelque importance dans le tracé de certaines épures graphiques.

Une courbe étant dessinée sur une feuille de papier, il s'agit, par un de ses points, de lui mener une tangente *avec exactitude*. Pour quiconque n'a que rarement manié règle et crayon, la chose paraît simple. Pour le praticien exercé, la difficulté est réelle. La droite menée à vue s'écarte généralement d'une manière sensible de la direction rigoureuse et, lorsque de la courbe considérée on veut, par l'emploi d'une série de tangentes, déduire telle autre courbe, comme il en sera donné des exemples plus loin, les erreurs commises entraînent de très notables déformations.

En vue d'échapper à cet inconvénient, M. Guillery admet que, lorsque les circonstances le justifient, on établisse un gabarit métallique de la courbe considérée ; ce gabarit, on l'applique sur la feuille de l'épure, de

manière que son contour coïncide avec la courbe ; puis on fait intervenir l'*aphégraphe* avec les accessoires qu'il comporte.

L'*aphégraphe* est une règle bien droite, en matière isolante, dans laquelle a été incrusté en l'un de ses points un trait de platine très mince affleurant son champ directeur. A une certaine distance du trait, la règle porte également un bec dont la pointe est en parfait alignement de ce champ.

L'opérateur doit disposer d'une petite pile et d'une sonnerie connectées en série sur un fil conducteur. Les deux extrémités de ce fil sont reliées l'une au gabarit, l'autre au trait de platine de l'*aphégraphe*.

Dans ces conditions, si l'on fait frotter, ou rouler, l'*aphégraphe* contre le contour du gabarit, au moment où le trait de platine touche ce dernier, la sonnerie se met à tinter. L'instrument étant immobilisé dans cette position, on marque, à l'aide d'un crayon aigu le point occupé par l'extrémité de son bec. On répète cette opération un certain nombre de fois, en changeant la direction de l'*aphégraphe* et l'on trace, par points aussi serrés qu'on veut, une courbe accompagnant la première, courbe qui est le lieu géométrique des points pris sur les tangentes de celle-ci à une distance constante du point de contact. Cette courbe, en raison de son rôle important, mériterait de recevoir une appellation spéciale : elle sera dans ces lignes désignée sous le nom de courbe G.

C'est l'emploi de la courbe G qui constitue la méthode préconisée par M. Guillery. Étant connu le paramètre avec lequel elle a été construite, il est évident qu'elle rend le tracé des tangentes à la courbe-mère facile et sûr. Veut-on, par un point de cette courbe-mère, lui mener une tangente? on prend un compas, on donne à ses pointes un écartement égal au paramètre; du point choisi, comme centre, on trace un arc de cercle coupant la courbe G, et l'on joint.

La précision, tout inattendue, qu'on obtient par ce procédé électrique, est très grande. Il semble qu'elle serait presque absolue, si le trait de platine n'avait pas une dimension finie. En admettant d'ailleurs qu'une petite déformation locale du gabarit soit cause de quelque incertitude locale, l'emploi d'une courbe, grâce à la vertu de la continuité, en écarte toute conséquence.

L'établissement du gabarit peut se faire soit par découpage d'une tôle, soit dans beaucoup de cas par courbage d'une lame élastique. L'obligation de parer aux changements de sens de la courbure, à la détermination des points d'inflexion, peut imposer à la forme de la règle aphégraphe de légères modifications appropriées. Ce sont là des détails dans lesquels il est inutile d'entrer en un exposé de principe.

Mais ce qui ne saurait être inutile, c'est de montrer par quelques aperçus l'étendue et la fécondité de la méthode. Une application de premier ordre

est celle qui consiste à déduire, par le graphique pur, d'une courbe représentant une fonction, une autre courbe représentant la dérivée de cette fonction par rapport à la même variable.

Une courbe étant tracée, si l'on considère un de ses points et la tangente qui l'y touche, l'ordonnée de la courbe dérivée correspondant à la même abscisse a, comme on sait, pour représentation le coefficient angulaire de cette tangente. Graphiquement, ce coefficient angulaire s'obtient rigoureusement par une construction des plus simples.

En opérant sur la courbe dérivée première comme sur la courbe-mère, on obtient la courbe dérivée seconde.

Mais pour que le résultat soit précis, il est de toute nécessité que les tangentes, sur lesquelles s'appuie la construction, soient absolument justes. Sans quoi les erreurs accumulées engendrent des déformations dont on a peine à soupçonner l'importance; l'*aphégraphe* permet d'obtenir des tracés véritablement exacts.

Grâce au nouveau procédé, on peut, dans certains problèmes de Mécanique, de la loi des espaces parcourus en fonction du temps, passer à celle des vitesses, puis à celle des accélérations et trouver dans cette dernière les éléments nécessaires à la détermination des efforts développés.

M. Guillery est l'inventeur d'un *mouton* destiné à l'essai des métaux. Dans ce mouton, un lourd volant, muni d'un bec, produit par choc la rupture d'éprouvettes de forme particulière. Le mouvement de ce volant est enregistré graphiquement : grâce à la méthode de M. Guillery, rien n'est plus facile que de tirer du tracé recueilli la détermination du travail absorbé par chaque éprouvette pendant la rupture et de classer ainsi rationnellement les échantillons comparés. Au surplus, c'est précisément à l'occasion de cette application que M. Guillery a imaginé l'*aphégraphe*.

Dans les machines d'allure extra-rapide, comme il s'en construit actuellement des quantités, les efforts mis en jeu, rien que par les phénomènes d'inertie, atteignent des valeurs qu'on a peine à soupçonner. Par la méthode de M. Guillery, on met ces efforts en évidence et l'on se trouve en mesure de donner aux pièces que sollicitent ces efforts la résistance qui convient.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Trois *Notices complémentaires sur des ports maritimes de la France : Rochefort, La Cotinière, Saint-Malo-Saint-Servan.* (Publication du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.)

2° Un fascicule des *Annales* du MUSÉE DU CONGO BELGE : *Notes ethnographiques sur les peuples communément appelés « Bakuba », ainsi que sur les peuplades apparentées. Les Bushongo*, par E. TORDAY et T.-A. JOYCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions harmoniques déterminées par certaines conditions au contour.* Note de M. **A. BLONDEL**, présentée par M. Émile Picard.

Soit à résoudre

$$\Delta u = 0$$

avec, comme condition au bord,

$$\frac{du}{dn} + C(\theta)\frac{du}{ds} + B(\theta)u = K(\theta)$$

tout le long de la circonférence d'un cercle dont on prend le rayon pour unité.

$C(\theta)$ et $B(\theta)$ sont supposés *fonctions analytiques périodiques de* θ. Si nous posons

$$z = x + iy \qquad \text{et} \qquad z_0 = x - iy,$$

il existe une fonction analytique de z qui prend sur la circonférence la valeur $C(\theta)$, nous la désignerons par C. Ainsi nous aurons

$$C = C(-i \operatorname{Log} z),$$

et de même

$$B = B(-i \operatorname{Log} z),$$
$$B_0 = B_0(i \operatorname{Log} z_0),$$

et aussi

$$C_0 = C(i \operatorname{Log} z_0).$$

Alors on aura

$$u = f(z) + \varphi(z_0)$$

et la condition au bord sera

$$(1) \qquad f_1(z) + \varphi_1(z_0) = K(\theta),$$

en posant

$$(2) \qquad \begin{cases} f_1(z) = (-1 + iC)\, z f'(z) + B f(z), \\ \varphi_1(z_0) = -(1 + iC_0) z_0 \varphi'(z_0) + B_0 \varphi(z_0); \end{cases}$$

f et φ étant supposés réguliers à l'intérieur, f_1 et φ_1 ne pourront avoir

d'autres points singuliers que ceux de B et C, ou de B_0 et de C_0. On est ainsi ramené aux problèmes suivants :

I. *Déterminer* f_1 *et* φ_1 *satisfaisant à* (1), *connaissant leurs singularités dans le cercle.*

II. *Déterminer* f *et* φ *satisfaisant à* (2), *sachant que ces fonctions sont régulières dans le cercle.*

Nous ne saurons pas toujours résoudre ces problèmes ; toutefois, nous saurons résoudre le problème I si les seuls points singuliers sont des pôles. Quant au problème II, on connaît à l'avance les points singuliers possibles des intégrales de (2), et l'on connaît l'intégrale générale.

Premier exemple. — B et C sont des constantes.

Le calcul se fait aisément. On trouve

$$f(z) = \frac{1}{B}\left[h - \frac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi} K(\theta)\,d\theta\right] + \frac{1}{2\pi\alpha}\int_0^{2\pi} \Phi(z,\theta)\,K(\theta)\,d\theta,$$

en posant

$$\alpha = -1 + iC$$

et

$$\Phi(z,\theta) = z^{-\frac{B}{\alpha}}\int_0^z \frac{z^{\frac{B}{\alpha}-1}}{1 - ze^{-i\theta}}\,dz,$$

on trouverait une expression analogue pour $\varphi(z_0)$. Le calcul suppose que $B + n\alpha$ ne s'annule pour aucune valeur entière de n ; car si $B + n\alpha$ s'annulait, $\Phi(z', \theta)$ ne serait pas régulier pour $z = 0$; il s'introduirait un terme logarithmique, et $f(z)$ ne serait pas non plus régulier.

Deuxième exemple :

$$C(\theta) = \sin\theta; \qquad B(\theta) = \cos\theta.$$

On aura

$$C = \frac{z^2 - 1}{2iz}, \qquad \ldots .$$

En faisant les calculs, on trouve

$$f_1(z) = \frac{1}{2}\, z\, \frac{d}{dz}\left[\frac{(z-\alpha)(z-\beta)}{z}\, f(z)\right],$$

$$\varphi_1(z_0) = \frac{1}{2}\, z_0 \frac{d}{dz_0}\left[\frac{(z_0-\alpha)(z_0-\beta)}{z_0}\,\varphi(z_0)\right],$$

en posant

$$\alpha = 1 - \sqrt{2} \qquad \text{et} \qquad \beta = 1 + \sqrt{2};$$

f_1 et φ_1 ne peuvent donc avoir d'autre point singulier que l'origine, comme pôle simple. La résolution du problème I donne alors

$$f_1(z) = \frac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi} \frac{e^{i\theta}+z}{e^{i\theta}-z}\,\mathrm{K}(\theta)\,d\theta + \frac{1}{2}\,\frac{h}{z} + \frac{1}{2}kz + \frac{1}{2}l,$$

$$\varphi_1(z_0) = \frac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi} \frac{e^{-i\theta}+z_0}{e^{-i\theta}-z_0}\,\mathrm{K}(\theta)\,d\theta - \frac{1}{2}\,\frac{k}{z_0} - \frac{1}{2}hz_0 - \frac{1}{2}l_0,$$

h, k, l étant des constantes arbitraires. Résolvons maintenant le problème II. $f(z)$ doit satisfaire à

$$\frac{d}{dz}\left[\frac{(z-\alpha)(z-\beta)}{z}f(z)\right] = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\left[\frac{1}{z}+\frac{2}{e^{i\theta}-z}\right]\mathrm{K}(\theta)\,d\theta + \frac{h}{z^2} + k + \frac{l}{z}.$$

Le second membre ne doit pas avoir de terme en $\frac{1}{z}$, d'où

$$l + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{K}(\theta)\,d\theta = 0;$$

l'équation relative à $\varphi(z_0)$ donne une condition analogue, et ces deux conditions reviennent à

$$l = 0 \qquad \text{et} \qquad \int_0^{2\pi}\mathrm{K}(\theta)\,d\theta = 0$$

dont la seconde est une condition de possibilité. On trouve alors la solution suivante, qui est la seule régulière pour $z = \alpha$:

$$f(z) = \frac{1}{\pi}\,\frac{z}{z-\beta}\int_0^{2\pi}\frac{1}{z-\alpha}\,\mathrm{Log}\,\frac{e^{i\theta}-\alpha}{e^{i\theta}-z}\,\mathrm{K}(\theta)\,d\theta + \frac{h}{\alpha(z-\beta)} + \frac{kz}{z-\beta},$$

et pour obtenir $\varphi(z)$, il suffit de changer dans $f(z)$ $e^{i\theta}$ en $e^{-i\theta}$, h en $-k$, et k en $-h$.

La fonction cherchée est $f(z)+\varphi(z_0)$; il semble d'abord qu'elle dépende des deux constantes arbitraires h et k; en faisant le calcul, on voit qu'il n'y a en réalité qu'une seule constante arbitraire. On aura

$$u = \mathrm{U} + \lambda u_0.$$

Soient A et B les points d'abscisses α et β sur l'axe réel, M le point de coordonnées x, y; P le point de coordonnées $\cos\theta$, $\sin\theta$. Posons

$$\mathrm{OM} = r; \qquad \mathrm{MA} = r_\mathrm{A}; \qquad \mathrm{MB} = r_\mathrm{B}; \qquad \mathrm{PA} = \rho_\mathrm{A}; \qquad \mathrm{PM} = \rho_\mathrm{M};$$

soit ψ l'angle dont il faut faire tourner PM pour l'amener sur PA; voici

quelles sont alors les expressions de u_0 et de U :

$$u_0 = \frac{r^2 - \beta^2}{r_B^2},$$

$$U = \frac{2}{\pi r_A^2 r_B^2} \left\{ [x(x-\beta) + y^2] \int_0^{2\pi} \left[(x-\alpha) \operatorname{Log} \frac{\rho_A}{\rho_M} + y\psi \right] K(\theta)\, d\theta + \beta y \int_0^{2\pi} \left[(x-\alpha)\psi - y \operatorname{Log} \frac{\rho_A}{\rho'_M} \right] K(\theta)\, d\theta \right\}.$$

Bien que ψ ne soit défini qu'à $2n\pi$ près, U est bien défini, parce que $\int_0^{2\pi} K(\theta)\, d\theta = 0$.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les corps abéliens du troisième degré.* Note de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

Kummer et après lui Kronecker (¹) ont indiqué une expression générale des racines des équations abéliennes au moyen des racines de l'unité. En appliquant au cas du troisième ordre une méthode analogue à celle de Kronecker, j'ai été conduit à une construction systématique de tous les corps abéliens du troisième ordre et des bases des entiers de ces corps.

1. A tout corps abélien du troisième ordre on peut faire correspondre un et un seul entier

$$\varpi = x - y\omega, \qquad \left(y > 0,\ \omega = \frac{1 + \sqrt{-3}}{2} \right),$$

du corps $K(\omega)$, cet entier n'ayant ni diviseur rationnel, ni diviseur carré, ni diviseur commun avec 3. Réciproquement, à tout entier ϖ vérifiant ces différentes conditions, l'entier ω compris, correspond un corps abélien défini, suivant les cas, par les racines θ, θ', θ'' des équations

(1) $$\begin{cases} y \equiv 0 \pmod{3}, \\ x^3 - \varepsilon x^2 + \dfrac{\varepsilon^2 - \varpi\varpi'}{3} x - \dfrac{\varpi\varpi'(\varpi + \varpi') - \varepsilon(3\varpi\varpi' - 1)}{27} = 0; \end{cases}$$

(2) $$\begin{cases} y \not\equiv 0 \pmod{3}, \\ x^3 - 3\varpi\varpi' x - \varpi\varpi'(\varpi + \varpi') = 0; \end{cases}$$

ϖ' désigne le nombre conjugué de ϖ et $\varepsilon = \pm 1$ doit être déterminé de

(¹) *Journal de Crelle*, t. 35; *Monatsberichte*, 1877.

façon que les coefficients de l'équation soient entiers, ce qui est possible dans le cas considéré.

Les discriminants de ces équations sont respectivement $\left(n \times \frac{y}{3}\right)^2$ et $(9 \times n \times y)^2$, n étant la norme de ϖ. Cette norme est un produit d'entiers rationnels premiers, différents entre eux et de la forme $3x+1$. Réciproquement d'ailleurs, un tel produit est la norme de trois entiers de $K(\omega)$,

$$\varpi, \quad \pm\omega\varpi, \quad \pm\omega^2\varpi,$$

vérifiant les conditions précédentes, l'un, et seulement l'un d'eux, vérifiant la congruence (1).

2. Dans le corps $K(\theta)$ défini par les racines θ, θ', θ'' de (1) ou de (2) on peut prendre pour base des entiers 1, θ, θ', et le discriminant du corps est par suite, suivant le cas, n^2 ou $81n^2$, ce dernier nombre étant le discriminant de deux corps distincts.

Donc à *tout entier rationnel* N *sans diviseur carré et n'ayant que des diviseurs premiers de la forme* $3x+1$ *correspond trois corps abéliens ayant pour discriminants respectifs* N^2, $81N^2$, $81N^2$ *et réciproquement* (1).

Si, suivant le cas, $y=3$ ou $y=1$, on peut prendre pour base des entiers 1, θ, θ^2. On a d'ailleurs entre θ^2, θ, θ', l'une des relations

$$(1\ bis) \qquad \theta^2 = \frac{x+y+2\varepsilon}{3}\theta + \frac{y}{3}\theta' - \frac{\varepsilon^2+(x+2y)\varepsilon-2\varpi\varpi'}{9},$$

$$(2\ bis) \qquad \theta^2 = (x+y)\theta + y\theta' + 2\varpi\varpi'.$$

3. On a des formules analogues pour $\theta\theta'$ et θ'^2, ce qui conduit à la représentation des entiers du corps $K(\theta)$ par des Tableaux à termes entiers, suivant la méthode que j'ai indiquée dans une récente Note (2). En appliquant alors le procédé de recherche des idéaux indiqué dans cette même Note, on trouve aisément les résultats :

Pour qu'un nombre premier p, différent de 3 et non diviseur du discriminant (les cas exclus sont très faciles à étudier directement), soit la norme d'un idéal premier du premier degré, il faut et il suffit que la congruence (3)

$$f(x) \equiv 0 \pmod{p}$$

---

(1) Il y a exception pour le nombre 1 auquel correspond un seul corps de discriminant 81 défini par les racines de l'équation $x^3-3x+1=0$.

(2) *Comptes rendus*, 21 novembre 1910.

(3) Pour des conditions analogues, cf. Sommer, *Vorl. über Zahlentheorie*.

ait 3 solutions : a, b, c (l'existence de l'une des solutions entraîne celle des autres); $f(x)$ désigne le premier membre de l'une des équations (1) ou (2) L'idéal $[p]$ est alors le produit des 3 idéaux premiers définis par les substitutions ou Tableaux :

$$\begin{matrix} p & 0 & 0 \\ -a & 1 & 0, \\ -b & 0 & 1 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} p & 0 & 0 \\ -b & 1 & 0, \\ -c & 0 & 1 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} p & 0 & 0 \\ -c & 1 & 0. \\ -a & 0 & 1 \end{matrix}$$

L'ordre des solutions a, b, c dépend de l'ordre choisi pour θ, θ', θ''. Si la condition précédente n'est pas vérifiée, p définit un idéal principal premier, de degré 3.

Sous la forme précédente la condition est surtout commode pour former une Table des idéaux premiers de degré 1 du corps $K(\theta)$. Il suffit évidemment de substituer dans $f(x)$ les nombres entiers positifs successifs et de chercher les facteurs premiers des nombres ainsi trouvés. En ne conservant chaque fois que les facteurs supérieurs au nombre substitué, chaque facteur ne sera trouvé que 3 fois.

On peut, en introduisant le nombre ϖ, modifier cette condition et lui donner une forme plus aisément vérifiable lorsque p est donné : pour que p soit la norme d'un idéal premier, il faut et il suffit que le nombre $\varpi^2\varpi'$ et par suite son conjugué $\varpi\varpi'^2$ soit dans $K(\omega)$ congru, mod p, à une puissance cubique exacte.

NAVIGATION. — *Sur une Table de point sphérique.* Note de M. **Ch. Bertin**, présentée par M. Alfred Picard.

La Table de point sphérique résout en 450 pages les triangles sphériques rectangles. Elle fournit à $0°00',1$ en trois Tableaux séparés et appelés : côté opposé b, côté adjacent c et co-angle $A = 90 - \hat{c}$:

1° Les éléments du triangle de co-hypoténuse I et d'angle B lorsque

$$0° < B < 90° - I$$

ou

$$90° + I < B < 180°;$$

2° Les éléments du triangle d'hypoténuse B et de co-angle I lorsque

$$90° - I < B < 90° + I,$$

c'est-à-dire

$$(1)\quad \begin{cases} \sin b = \cos I \; \sin B, \\ \tan c = \cot I \; \cos B, \\ \tan A = \sin I \; \tan t; \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} \sin b = \cos(B \pm 90^\circ) \; \sin(90^\circ \pm I), \\ \tan A = \cot(B \pm 90^\circ) \; \cos(90^\circ \pm I), \\ \tan c = \sin(B \pm 90^\circ) \tan(90^\circ \pm I). \end{cases}$$

L'édition d'une moitié de Table est suffisante ; on emploie la première résolution lorsque $B + 1 < 90^\circ$ ou $B - 1 > 90^\circ$, et la seconde dans le cas inverse.

La première résolution se fait avec les arguments I et B, pris, le premier verticalement, dans la colonne située entre les deux premiers Tableaux, et le second horizontalement, en tête des pages, puis dans chaque Tableau, au rang spécial qui lui est affecté.

La seconde résolution se fait avec les arguments $I' = B \pm 90^\circ$ et $B' = 90^\circ \pm I$, pris, le premier verticalement, dans l'une ou l'autre des colonnes situées entre les Tableaux, et le second horizontalement, au bas des pages, pris dans chaque Tableau, au rang spécial qui lui est affecté. Les noms A et c du bas des Tableaux sont permutés avec ceux indiqués en tête.

Exceptionnellement, l'angle B de la première résolution se lit, lorsqu'il est obtus, en bas des pages; mais on conserve la désignation supérieure des Tableaux c et A. De même l'angle $90^\circ - I$ de la deuxième résolution se lirait en haut des pages, en conservant la désignation inférieure des Tableaux A et c; mais, pratiquement, on utilise $90^\circ + I$.

Les arguments sont distants de $0^\circ 10'$; les éléments sont réunis en groupes de trois colonnes, dont la première seule comporte le nombre de degrés commun aux lignes des trois colonnes, ce qui exige l'emploi de nombres de minutes compris entre 60 et 90. Vingt pages d'angle voisin de 90° n'ayant pas permis cet arrangement, les colonnes y sont indépendantes.

Les virgules indicatrices des minutes de degré et séparatrices des dixièmes ne sont pas imprimées par mesure d'économie.

Les interpolations de b sont données en marge de gauche, et pour les deux sens; les facteurs d'interpolation sont $\sin A$ et $\sin c$.

Les interpolations de c sont données en marge de droite pour les minutes d'hypoténuse; le facteur d'interpolation est une fonction tangentielle.

La solution du « point à la mer » traitée par la méthode Marcq Saint-Hilaire, et modifiée par l'emploi de « points auxiliaires » arrondissant un

ou deux segments, se fait en deux entrées : l'une avec I (latitude ou déclinaison) et t (angle au pôle), l'autre avec b et $(\mathrm{II}+c)$, II étant la déclinaison, ou la latitude.

Les éléments fournis par la deuxième entrée sont $b' = h_a$ (hauteur auxiliaire) et c', complément de l'angle à l'astre, ou amplitude. L'azimut ou l'angle à l'astre est algébriquement $\mathrm{A} + \mathrm{A}'$. Les éléments c et A sont du signe de cos B. L'angle $(\mathrm{A} + \mathrm{A}')$ est compté du pôle abaissé comme somme, et du pôle élevé comme différence, sans apporter d'attention au signe de cette dernière.

Pour les usages autres que celui du point, l'angle déduit de l'élément c' est de l'espèce de l'argument $(\mathrm{II} + c)$ et l'arc b' est du même signe que cet argument.

Dans le système utilisant en première entrée la déclinaison exacte, l'angle à l'astre peut fournir une correction, applicable à l'élément b', égale à $-d\cos\mathrm{S}$, et tenant lieu des interpolations antérieures des éléments b et c, pris directement sans en faire, lorsque les variations de l'élément c sont trop inégales pour être fournies par la Table, où l'on entre avec $\mathrm{D}_a = \mathrm{D} - d$.

D'autres points auxiliaires arrondissent, à l'aide d'une entrée préparatoire, les éléments b et c, et une première entrée résolutive d'arguments arrondis b_0 et $c_0 + 90°$, ou c_0 et $b_0 + 90°$, fournit sans interpolation une latitude, ou déclinaison, auxiliaire b et un co-angle auxiliaire c donnant la longitude auxiliaire $(t + c) - 90°$. Une seconde entrée, analogue à celle indiquée plus haut, utilise les mêmes éléments qu'elle. Une unique interpolation ou correction finale fournit $h_a = b' - d\cos\mathrm{S}$.

Le point horaire des droites de hauteur s'obtient en ne modifiant ni la latitude ni la déclinaison dans l'une des méthodes primitives; il a pour longitude

$$\mathrm{G}' = \mathrm{G}_a + (h_v - h_a)\,\mathrm{cos\acute{e}c}\,\mathrm{Z}\,\mathrm{s\acute{e}c}\,\mathrm{L},$$

L et G_a étant les coordonnées utilisées du point auxiliaire, h_v la hauteur vraie observée, et Z l'azimut.

La Table fournit φ tel que

$$\mathrm{s\acute{e}c}\,\varphi = \mathrm{cos\acute{e}c}\,\varphi\,\mathrm{s\acute{e}c}\,\mathrm{L}.$$

L'erreur d'état absolu serait la différence entre la longitude connue du lieu d'observation et celle du point horaire, sans qu'il soit choisi de point auxiliaire, la modification de l'état absolu suffisant à arrondir l'angle t.

Tous les problèmes de la Navigation se résolvent par cette Table, et la décomposition en triangles rectangles permet de supprimer l'emploi des formules de Trigonométrie sphérique.

Ainsi, dans le calcul du grand cercle orthodromique, le méridien de départ (ou l'antipode), le méridien d'arrivée, le rayon sphérique joignant

le pôle du méridien de départ au point d'arrivée, et le grand cercle dont le point de départ est le pôle, déterminent deux triangles sphériques rectangles fournissant en deux résolutions la distance orthodromique et les angles de route au départ et à l'arrivée. Le grand cercle dont le point de départ est pôle, le méridien du vertex et l'équateur déterminent un triangle dont la résolution fournit les coordonnées du vertex et la distance du point de départ au vertex. Le grand cercle décrit d'un point quelconque de l'arc de grand cercle comme pôle, détermine avec les méridiens de ce point et du vertex un dernier triangle dont la résolution fournit les coordonnées du point, l'amplitude de la route à y prendre et la distance du point au vertex, c'est-à-dire, par comparaison avec une résolution voisine, la distance séparant les deux points choisis.

AÉRONAUTIQUE. — M. *L. Bertin* présente, de la part de M. **Henri Favre**, une série de photographies représentant les premiers essais de l'aéroplane marin de son invention.

Le vol exécuté à Monaco, en avril dernier, permet d'espérer un succès prochain et complet de cet appareil, qui peut rendre de sérieux services à la Marine dans beaucoup de circonstances.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur la bonne tenue de l'aéroplane en air agité*. Note [1] de M. le Capitaine **Duchêne**, présentée par M. L. Lecornu.

L'aéroplane actuel est, pratiquement, stable en air calme.

On obtient, d'ordinaire, cette stabilité :

Longitudinalement, par l'emploi d'un empennage formant avec la voilure un léger ⌵; transversalement, par l'emploi d'une voilure légèrement pliée en ⌵ ou d'une quille élevée au-dessus du centre de gravité.

Mais ces dispositions, stabilisatrices en air calme, peuvent devenir nuisibles en air agité parce que toutes deux ont, le plus souvent, pour effet que le déplacement initial résultant de l'action d'un coup de vent expose davantage encore l'aéroplane à l'influence perturbatrice de ce coup de vent.

Il semble donc que si l'on pouvait agencer l'appareil de façon que, toujours stable en air calme, il prît, sous l'action d'un coup de vent, une posi-

[1] Présentée dans la séance du 8 mai 1911.

tion telle que l'intensité de cette action perturbatrice diminuât au lieu de s'accroître, sa tenue en air agité serait améliorée.

L'objet de la présente Communication est d'attirer l'attention sur deux dispositifs nous paraissant susceptibles de satisfaire à ce double desideratum.

Ces deux dispositifs consistent dans l'emploi :

1° En ce qui concerne l'équilibre longitudinal, d'un empennage attaqué par-dessus;

2° En ce qui concerne l'équilibre transversal, d'une voilure légèrement pliée en accent circonflexe.

1° *Empennage attaqué par-dessus.* — Lorsque l'empennage d'un aéroplane est, en vol de régime, attaqué par-dessus, l'équilibre longitudinal de l'appareil exige que la pression reçue par la voilure principale passe à une certaine distance en arrière du centre de gravité.

Cette distance peut être choisie, par construction, telle que, même lorsque l'angle d'attaque de la voilure principale varie, la position la plus avancée que puisse prendre la pression susvisée reste toujours en arrière du centre de gravité.

Dans ces conditions, si un coup de vent susceptible d'altérer l'équilibre longitudinal atteint la voilure principale avant l'empennage, il est aisé de voir qu'il tend à donner à l'appareil tout entier une inclinaison telle que l'effet perturbateur diminue, contrairement à ce qui aurait lieu si la pression qui s'exerce, en régime, sur la voilure principale se trouvait en avant du centre de gravité, c'est-à-dire si l'empennage était sustentateur.

En d'autres termes, avec cette disposition, l'aéroplane semble devoir céder comme le ferait une girouette à l'action de toute perturbation d'ordre longitudinal, ce qui paraît être de nature à éteindre cette action.

2° *Voilure pliée en accent circonflexe.* — Ferber a signalé, dans la première partie de son Ouvrage, que les oiseaux qui planent par gros temps se tenaient en accent circonflexe parce que l'amorce de virage provoquée par un grain venant de travers avait pour effet « de les faire rentrer le nez dans le vent ».

Mais il estimait que, en ce qui concerne l'aéroplane, cette disposition avait pour inconvénient de ne pas assurer la stabilité transversale de l'appareil, appréciation qui semble déduite des calculs faisant l'objet de la seconde partie de l'Ouvrage susvisé.

Si nous nous reportons à ces calculs, nous pouvons constater que, dans

la mise en équation du problème, il est supposé que l'*axe principal d'inertie longitudinal de l'aéroplane est parallèle au plan de sa voilure*.

C'est donc un cas particulier, vraisemblablement jamais réalisé dans la pratique, et non le cas général que Ferber a traité.

Si l'on voulait étudier le problème général par la même méthode, il faudrait, semble-t-il, introduire, comme nouveau paramètre, la valeur de l'angle que forme l'axe principal d'inertie dont il s'agit avec le plan alaire. Cela compliquerait encore la question, qui l'est tant déjà, mais il est probable que les conclusions de l'étude ne seraient plus celles de Ferber en ce qui concerne l'efficacité stabilisatrice de la forme en $\vee$ car, et c'est sur ce point que nous désirons appeler l'attention, la position par rapport à la voilure et la forme que l'ellipsoïde central d'inertie semblent devoir présenter une grande importance au point de vue du choix des dispositions susceptibles d'assurer la stabilité transversale de l'aéroplane.

Sans aborder l'étude mathématique de la question, nous avons cherché à nous faire une opinion sur ce point par une méthode élémentaire à laquelle nous n'attribuons, d'ailleurs, d'autre valeur que celle qu'il convient d'attacher à un simple aperçu et qui consiste :

a. A déterminer la position des axes centraux (qu'on peut appeler *axes stables*) tels qu'une amorce de rotation effectuée sans vitesse autour d'eux fasse naître, comme réaction de l'air, un moment de sens contraire à ladite rotation ;

b. A voir si l'axe instantané de la rotation que prend l'aéroplane sous l'influence d'une perturbation, laquelle se traduit nécessairement par une surpression sur une aile ou sur la surface-quille, est ou non un axe stable.

Pour cela, nous avons considéré la perturbation comme une percussion et, dans ce cas, l'axe instantané est, on le sait, le diamètre conjugué du plan du couple perturbateur par rapport à l'ellipsoïde central d'inertie.

L'application de cette méthode élémentaire nous a conduit à supposer que la forme en $\wedge$ de la voilure pouvait devenir susceptible d'assurer un équilibre stable, lorsque l'ellipsoïde central d'inertie de l'aéroplane avait, en vol horizontal, son axe longitudinal abaissé de l'avant et cela d'autant plus, d'une part, que la trace de cet ellipsoïde sur le plan de symétrie était plus aplatie, d'autre part, que l'angle d'attaque de la voilure était plus réduit.

Ainsi il semblerait possible, si ces déductions étaient exactes, de construire des aéroplanes dont la voilure serait pliée en $\wedge$ et qui resteraient, néanmoins, stables en air calme.

Une telle disposition paraîtrait donc de nature à satisfaire au double desi-

deratum exprimé plus haut puisque, d'après Ferber, c'est à elle que les oiseaux de mer doivent de pouvoir planer par gros temps.

Pratiquement, la disposition convenable de l'ellipsoïde central d'inertie semble réalisable, soit en abaissant notablement le centre de gravité de l'aéroplane soit, mieux, en ne l'abaissant que peu, afin d'éviter l'exagération des mouvements oscillatoires, et en relevant la queue de l'appareil par rapport à sa voilure.

En résumé, et là est la conclusion de la présente Communication, il est peut-être possible qu'un aéroplane, ayant son empennage pris par-dessus et présentant une voilure légèrement pliée en accent circonflexe, puisse, moyennant certaines dispositions de construction, rester stable en air calme et se bien comporter, d'autre part, en air agité.

PHYSIQUE. — *Sur la cataphotographie.*
Note de M. **Yvon**.

M. Guillaume de Fontenay n'a certainement pas eu connaissance d'un travail, identique à celui qui fait l'objet de sa Note du 18 avril 1911, que j'ai publié dans *La Nature*, n° 921, à la date du 24 janvier 1891. Le procédé que j'employais à cette époque pour obtenir certains clichés, utilisés dans les cours de la Faculté de Médecine, est exactement le même que celui indiqué par M. Guillaume de Fontenay.

PHYSIQUE. — *Sur la cataphotographie.* Note de M. **Guillaume de Fontenay**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans ma Note du 18 avril 1911, j'ai signalé les antériorités de MM. Prompt, Dini et Fournier d'Albe. Il convient d'y ajouter celle de M. Paul Yvon parue dans le n° 921 du journal *La Nature*, en date du 24 janvier 1891, Note dont je n'avais pas eu connaissance en temps utile.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un cas particulier de distribution de l'ionisation dans un gaz. Couche superficielle très mince contenant des ions des deux signes.* Note de M. **de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

L'ionisation en couche superficielle mince a été réalisée déjà en envoyant un faisceau étroit de radiations, telles que les rayons Röntgen, tangentiel-

lement à un plan métallique; mais la production de rayons secondaires et les défauts de définition du faisceau incident donnent forcément à la couche de production d'ions une épaisseur encore appréciable.

Le phénomène de Hertz fournit une couche uniquement négative. Il semble bien que, dans le cas de l'ionisation de l'air par le sulfate de quinine, une couche infiniment mince et contenant une forte densité d'ions des deux signes se trouve naturellement réalisée à la surface du sel pendant ses variations d'hydratation.

En effet, on a bien affaire à des ions, puisqu'avec des précautions convenables on peut entraîner la conductibilité ([1]); d'autre part, la mesure des mobilités montre que les porteurs de charges appartiennent au type des petits ions; il y en a des deux signes, généralement avec prédominance des charges positives. Enfin, ni à la pression atmosphérique, ni à la pression de 3^{mm} de mercure on ne peut mettre en évidence une épaisseur appréciable de la couche qui contient les ions et d'où un champ électrique peut venir les extraire.

Cette répartition particulière de l'ionisation, due à une cause qui est encore obscure ([2]), peut expliquer la difficulté de saturation ([3]) observée dans ce cas; on sait en effet que, pour des condensateurs à plateaux très écartés, la saturation est plus difficile à obtenir, dans le cas de composés radioactifs, émettant surtout des rayons absorbables, qui n'ionisent l'air que sur une partie de la distance des électrodes.

Ici tout se passe comme si le champ agissait sur la production en diminuant la recombinaison initiale intense qui a lieu dans la couche d'origine.

Les phénomènes récemment décrits par M. Blanc (*Comptes rendus*, 1911, p. 1170), dans le cas de l'ionisation par le phosphore, présentent peut-être quelque chose d'analogue, avec cette différence toutefois que la présence presque inévitable de fumées chargées vient compliquer les choses.

([1]) *Comptes rendus*, 1911, p. 136 et 855, et *Le Radium*, 1911.

([2]) Nous nous sommes assurés en particulier du fait que, si la production d'ions est due à une radiation, celle-ci, produite dans l'air ou l'hydrogène sous la pression de 5^{mm} de mercure, ne paraît pas susceptible d'agir à travers une plaque de fluorine de 2^{mm} d'épaisseur; il ne semble donc pas qu'on puisse invoquer une propriété connue des rayons ultraviolets. Voir aussi Miss Gates, *Physical Review*, 1904.

([3]) Miss Gates avait déjà fait remarquer que la diffusion vers une paroi voisine pouvait créer un obstacle à la saturation.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une interprétation physique de la chaleur non compensée.* Note de M. L. DÉCOMBE, présentée par M. E. Bouty.

I. On a vu dans une précédente Communication [1] que la chaleur non compensée, dégagée dans une transformation où n'intervient aucun phénomène de conduction électrique, d'ionisation ou de désagrégation atomique, pouvait être identifiée avec la chaleur de Siemens qui accompagne l'électrisation des éléments de volume du système. Pour chaque élément de volume cette chaleur s'exprime par une somme de termes proportionnels aux carrés des vitesses des déformations sensibles indépendantes. Elle disparaît lorsque ces vitesses sont toutes infiniment petites ou nulles.

Pour généraliser cette interprétation de la chaleur non compensée, nous observerons d'abord que l'électrisation d'un élément de volume résulte en fait de l'électrisation [2] des atomes qu'il renferme. C'est donc à cette électrisation des atomes qu'il convient de rattacher la chaleur de Siemens. Si l'on adopte le point de vue électronique (en considérant l'atome comme un assemblage déterminé d'électrons), on est conduit à envisager l'électrisation d'un atome comme intrinsèquement constituée par une certaine déformation de l'édifice atomique, déformation à laquelle il convient, en définitive, d'attribuer la chaleur de Siemens.

On peut préciser cette hypothèse en admettant que :

Toute déformation atomique accomplie avec une vitesse finie est accompagnée d'un dégagement de chaleur proportionnel au carré de la vitesse de déformation.

Par extension, nous appellerons *chaleur de Siemens* une telle chaleur de déformation atomique; sa sommation pour tous les atomes contenus dans chaque élément de volume représentera la chaleur de Siemens proprement dite et, par conséquent aussi, la chaleur non compensée dégagée dans toute transformation non accompagnée de conduction, d'ionisation ou de désagrégation atomique.

II. Supposons maintenant qu'il s'agisse d'une modification plus profonde de l'atome, comme, par exemple, sa rupture partielle avec mise en liberté d'un électron.

Une telle rupture est généralement précédée d'une déformation progressive de l'atome sous l'action de forces extérieures à cet atome; elle est tou-

---

[1] *Comptes rendus*, 6 février 1911.

[2] Plus exactement, peut-être, de la variation du moment électrique des atomes.

jours suivie d'une déformation spontanée et de sens contraire qui tend à ramener l'édifice atomique dans un état stable voisin de son état primitif.

Or, cette déformation spontanée, consécutive à la rupture, s'opère nécessairement avec une vitesse finie, car la rupture laisse l'atome hors d'équilibre. Si donc nous acceptons l'hypothèse précédemment soulignée, nous sommes conduits à admettre que : *La perte d'un électron est toujours immédiatement suivie (et d'ailleurs généralement précédée) d'un dégagement de chaleur de Siemens.*

Un raisonnement semblable paraît devoir s'appliquer aux perturbations finies qui accompagnent soit la recombinaison d'un électron négatif avec un atome positif, soit encore la formation, la rupture ou la recombinaison des ions, soit enfin la scission d'un atome en plusieurs autres, avec ou sans libération concomittante d'ions ou d'électrons.

La production de chaleur de Siemens apparaît ainsi comme un fait d'une très grande généralité; il semble d'ailleurs qu'on puisse, en toutes circonstances, l'identifier avec la chaleur non compensée de la Thermodynamique.

Il paraît difficile, sinon tout à fait impossible, d'appuyer cette hypothèse d'une démonstration ou d'une vérification générales.

Tout ce qu'on peut faire, semble-t-il, c'est de rechercher, dans tel ou tel cas particulier, comment elle peut se concilier avec les faits.

III. Tout d'abord, elle permet d'étendre aux systèmes conducteurs les résultats obtenus dans notre précédente Communication.

Il paraît probable, en effet, que les déformations atomiques sont généralement accompagnées, dans les conducteurs, de ruptures et de reconstitutions d'atomes. Or, rien n'empêche d'imaginer que ces ruptures et reconstitutions soient diversement et arbitrairement disposées, dans chaque élément de volume, de manière à n'engendrer aucun phénomène électrique extérieur, ni d'attribuer aux déformations concomitantes des atomes, c'est-à-dire à la chaleur de Siemens, la chaleur non compensée dégagée par le système dans une modification purement thermodynamique.

Mais il y a plus et il semble qu'on puisse encore rattacher à la même origine la chaleur non compensée dégagée dans une modification thermodynamique *quelconque*, c'est-à-dire accompagnée de phénomènes électriques sensibles.

IV. Examinons, par exemple, le cas particulier de la chaleur de Joule. Si l'on admet, comme on le fait volontiers aujourd'hui, que les phénomènes de conduction métallique ou électrolytique comportent la libération et la recombinaison successives d'ions ou d'électrons et qu'il en résulte pour les atomes des déformations à vitesse finie dégageant de la chaleur, on aura

rattaché très simplement le mécanisme de la chaleur de Joule à celui de la chaleur de Siemens.

La présente théorie paraît rendre compte également de la chaleur spontanément dégagée par les corps radioactifs.

On sait que la plus grande partie de cette chaleur est attribuable à l'absorption des divers rayons et notamment aux rayons α. Or une telle absorption ne peut manquer d'être accompagnée de violentes déformations atomiques, l'énergie cinétique des particules projetées par la substance radioactive étant extrêmement considérable.

Notre hypothèse exigerait toutefois, qu'indépendamment de la chaleur provenant de l'absorption des rayons de diverses espèces, il y eût une certaine quantité de chaleur dégagée, dans la substance radioactive elle-même, par les déformations atomiques qui accompagnent vraisemblablement sa désintégration. L'expérience a montré que cette quantité de chaleur ne saurait être qu'une faible fraction de l'énergie totale dissipée, mais il ne semble pas que les évaluations qui en aient été faites puissent permettre d'affirmer qu'elle soit rigoureusement nulle et qu'elle n'atteigne pas, par exemple, une valeur de l'ordre du centième ou du demi-centième.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistivité des séléniures d'antimoine.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. E. Bouty.

L'étude de la fusibilité des mélanges d'antimoine et de sélénium montre qu'il existe un certain nombre de combinaisons définies de ces deux éléments.

M. Chrétien [1] a trouvé de cette manière les composés suivants :

$$SbSe,\quad Sb^4Se^5,\quad Sb^3Se^4\quad \text{et}\quad Sb^2Se^3.$$

Nous nous sommes proposé d'étudier les mêmes mixtes au point de vue de la conductibilité électrique.

Les deux corps sont fondus ensemble dans des tubes scellés où l'on a fait le vide, on agite pour rendre le liquide parfaitement homogène, puis on laisse refroidir. Le solide obtenu est fondu de nouveau dans un tube ouvert en présence de gaz carbonique, puis on l'aspire dans des tubes en verre d'Iéna de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre. Par refroidissement on obtient le

[1] Chrétien, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1339 et 1412.

mélange solidifié sous forme de baguettes qui souvent se détachent facilement de leur enveloppe.

En soudant deux fils de platine aux extrémités de l'une de ces tiges on peut déterminer sa résistance à l'aide du pont téléphonique de Kohlrausch.

La résistance spécifique des mélanges dont il s'agit ne dépend pas seulement de leur composition et de la température, elle varie encore avec les conditions extérieures auxquelles l'échantillon a été soumis.

Par exemple, le mélange liquide aspiré dans les tubes de verre peut être refroidi très brusquement par immersion dans l'eau froide, ou moins vivement en l'abandonnant à l'air; ou bien on peut le ramener très lentement à la température ordinaire en le plaçant immédiatement dans un fourneau à tube qu'on chauffe de moins en moins.

Les échantillons les plus trempés sont les plus résistants. Ainsi, si nous désignons par R la résistance spécifique, nous trouvons à 17° avec le mélange 4 Sb + 5 Se :

Après refroidissement	dans l'eau froide........	$R = 0{,}0560$ Ω
»	à l'air libre............	$R = 0{,}0113$
»	très lent................	$R = 0{,}0094$

Du reste les échantillons très trempés se distinguent aussi nettement des échantillons recuits rien que par l'aspect.

La cassure d'un mixte recuit est terne, grenue; le corps paraît homogène; au contraire, la cassure d'un mélange trempé est brillante et fait bien voir que le corps est formé de cristaux qui tous convergent vers l'axe de la baguette.

Dans des conditions à peu près identiques de préparation, les divers mélanges présentent une résistance spécifique qui croît avec la teneur en sélénium pour prendre une valeur très grande quand on se rapproche du composé Sb^2Se^3.

L'étude de l'influence de la température conduit aux résultats suivants :

Pour tous les mélanges dont la teneur en sélénium est inférieure à 1^{at} de sélénium pour 1^{at} d'antimoine, la valeur de R croît régulièrement avec la température et, par refroidissement, on retrouve à peu près en sens inverse les valeurs trouvées pendant le réchauffement.

Il n'en est plus de même avec les mixtes plus riches en sélénium. Dans ce cas, la résistance spécifique, après avoir augmenté régulièrement avec la température, passe par un maximum, puis décroît jusqu'au point de fusion du mélange.

Si, avant qu'on ait atteint cette température extrême, on laisse refroidir la substance, on ne retrouve pas en sens inverse les valeurs primitives, mais des nombres nettement supérieurs. On observe également, pendant le refroidissement, une valeur maxima de la résistance spécifique, mais ce maximum correspond à une valeur moindre de la température.

Voici par exemple les nombres obtenus pour une oscillation complète de la température entre 15° et 440° pour le mélange $5Sb + 7Se$:

Réchauffement.		Refroidissement.	
Température.	R.	Température.	R.
15°	0,198 Ω	440°	0,265 Ω
124	0,225	382	0,319
182	0,243	339	0,346
313	0,292	$\theta' = 317$ (max.)	0,351
$\theta = 360$ (max.)	0,301	246	0,346
414	0,279	157	0,297
440	0,265	15	0,221

Les deux courbes, qu'on peut construire en portant les températures en abscisses et les résistances spécifiques en ordonnées, sont nettement distinctes. Soient C et C′ ces courbes.

Une nouvelle oscillation complète de la température entre les mêmes limites donne deux autres courbes de forme analogue, C_1 et C'_1.

La courbe C_1 ne se confond pas avec C′; son ordonnée maximum, peu différente comme longueur de l'ordonnée maximum de C′, correspond à une valeur θ_1 de la température supérieure à θ'. Quant à la courbe C'_1, elle est nettement au-dessus de C_1 et par suite de C′.

En continuant à faire osciller la température entre les mêmes limites, nous avons obtenu une série de courbes C_2, C'_2; C_3, C'_3; ... auxquelles correspondent des maxima pour les valeurs θ_2, θ'_2; θ_3, θ'_3; ... de la température.

Si nous désignons en général par R_n l'ordonnée maxima pour l'oscillation d'ordre n, par r_n l'ordonnée pour la température la plus basse t et par $\mathfrak{R}_n$ l'ordonnée correspondant à la température la plus élevée T, nous pouvons faire les constatations suivantes :

Les ordonnées maxima R_1, R_2, ..., R_n vont en croissant; les températures correspondantes θ_1, θ_2, ..., θ_n vont en décroissant.

Même remarque concernant les ordonnées R'_1, R'_2, ..., R'_n et les températures correspondantes.

Les ordonnées $\mathfrak{R}_1$, $\mathfrak{R}_2$, ..., $\mathfrak{R}_n$ croissent, mais très faiblement et d'autant moins que la température T est plus rapprochée du point de fusion du mélange; au contraire les ordonnées r_1, r_2, ..., r_n augmentent rapidement.

A la dixième oscillation, r_{10} étant devenu suffisamment grand, le maximum a disparu et, après la douzième oscillation, la courbe n'a plus varié. Cette courbe limite montre qu'alors la résistance spécifique diminue constamment et rapidement quand la température croît. A 15° on a : $R = 0^{\Omega},887$; à 161° : $0^{\Omega},864$; à 385° : $0^{\Omega},584$; à 440° : $0^{\Omega},376$.

Avec le mélange 3 Sb + 4 Se on a des résultats analogues, mais après vingt oscillations nous n'avions pas encore atteint la courbe limite.

Les mixtes très riches en sélénium, c'est-à-dire se rapprochant du composé Sb^2Se^3, présentent une résistance spécifique très grande qui décroît rapidement quand la température augmente.

Le composé Sb^2Se^3 se comporte de la même façon. A 23° sa résistance spécifique R est égale à 2010^{Ω}, à 50°, $R = 555^{\Omega}$, à 110°, $R = 59^{\Omega}$, à 518°, $R = 0^{\Omega},9$.

L'influence de la trempe et du recuit est trop grande, dans le cas des mixtes étudiés, pour qu'on puisse se servir de la mesure des résistances spécifiques pour mettre en évidence des composés définis.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Données historiques relatives à la* force osmotique. *Rectification de noms d'auteurs.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. Armand Gautier.

Les *Comptes rendus* de la séance du 23 mars 1870 (¹) renferment une Note dont je suis l'auteur et qui contient une erreur de noms qu'il s'agit de rectifier, et une lacune quant aux citations, qui doit être comblée.

Cette Note porte pour titre : *De la nature de la force motrice qui produit les phénomènes d'endosmose.*

Elle commence par cette phrase :

« *Le phénomène de la dissolution est comparé à celui de la formation des vapeurs.* »

Quoique cette notion eût été émise à cette époque depuis 31 ans, je n'en avais eu connaissance que par une communication verbale qui me fut faite par mon ami

(¹) *Comptes rendus*, t. 70, 1870, p. 617.

M. William Grosseteste, ainsi que l'atteste un renvoi que je reproduis ici textuellement ([1]) :

« D'après une communication verbale de M. Grosseteste, cette comparaison serait due à Arago. Je n'ai pas pu découvrir la source bibliographique. Quoi qu'il en soit, c'est elle qui m'a servi de point de départ, et je me plais à reconnaître que la discussion que j'ai eue avec lui sur ce sujet a eu une influence puissante sur le développement des idées énoncées dans cette Note qui n'est d'ailleurs que le résumé d'un travail plus étendu. »

C'est dans ce renvoi que se trouve la confusion de noms d'auteurs que M. Cohen ([2]) vient de relever au bout de 40 ans, dans un article intitulé : *Un quart de siècle de Chimie moderne* (Discours prononcé à la réunion de la Société des Sciences et des Arts d'Utrecht, le 14 octobre 1910). L'auteur dit : « Je ne pense pas que ce soit Arago qui doive être nommé à cette occasion, mais plutôt Gay-Lussac. »

De son côté, M. William Grosseteste, ayant été désigné dans ce renvoi comme ayant nommé Arago en place de Gay-Lussac, a protesté, dans la même publication, contre la confusion qui paraissait lui donner la responsabilité de l'erreur relevée par M. Cohen. Il a indiqué dans sa communication ([3]) la source bibliographique où il avait puisé cette notion qui l'avait vivement frappée. C'est un des livres classiques en usage à cette époque (*Programme d'un cours élémentaire de Physique*, par M. Aug. Pinaud, 1853, § 220, p. 147).

De mon côté, j'ai examiné le Mémoire original de Gay-Lussac signalé par M. Cohen ([4]) et qui est inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique*, de Gay-Lussac et Arago. Je m'empresse de reconnaître la confusion que j'ai faite de deux noms également illustres et si souvent associés. Et par la même occasion, d'accord avec mon ami, je fais observer, pour éviter tout malentendu sur la signification de sa protestation insérée dans la *Zeitschrift für Elektrochemie*, qu'il ne s'agit pas, ainsi qu'un passage obscur de sa Note pourrait le faire supposer, d'une revendication de sa part relativement aux conclusions principales de mon travail. Ces conclusions sont relatives à la dissociation par dilution selon H. Sainte-Claire Deville et à la force osmotique selon Dutrochet.

Sa Note se rapporte à la notion, alors dans le domaine public, mais peu connue, due à Gay-Lussac, et dont un des rares parmi ses contemporains il avait conservé la mémoire et compris la grande portée.

([1]) *Comptes rendus*, t. 70, 1870, p. 617.

([2]) *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XVI, 15 octobre 1910, p. 863.

([3]) *Zeitschrift für Elektrochemie*, n° 5, 1911, p. 188.

([4]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. LXX, p. 407 et suiv.

C'est en partant de l'idée fondamentale de l'analogie entre dissolution et vaporisation énoncée par Gay-Lussac et dont la notion m'a été transmise par mon collègue Grosseteste, que j'ai fait un travail bibliographique, analysant les Mémoires de Graham (1), Person (2), Bussy et Buignet (3), Henri Sainte-Claire Deville (4) et Schüller (5). Groupant les faits bien connus, mais épars, constatés par les travaux de ces savants, j'ai pu tirer les conclusions qui font l'objet de ma Note publiée en 1870. Elles sont relatives : 1° à la dissociation des sels dissous; 2° à l'explication des phénomènes d'endosmose.

Cette dernière conséquence n'avait pas été énoncée avant moi.

Gay-Lussac lui-même n'a pas fait mention en 1839 de la découverte faite par Dutrochet douze ans auparavant (1827), ni aucun des savants dont j'ai analysé les Mémoires.

L'analogie qui existe entre la force osmotique et la force élastique des vapeurs a été précisée par moi de la manière suivante : « La colonne liquide soulevée dans l'endosmomètre est comparable au piston soulevé par la force élastique de la vapeur. Dans les deux cas une matière élastique se détend et une quantité proportionnelle de chaleur est transformée en travail mécanique (6). »

Le contrôle expérimental direct de ces conclusions était alors rendu impossible à cause de l'exosmose. Il a fallu la découverte de la membrane semi-perméable, par Pfeffer (1877), pour rendre possibles les travaux de Van't Hoff sur la pression osmotique.

Et à ce sujet il faut faire observer que si pour un grand nombre de corps, notamment pour les sels solubles dans l'eau, la pression osmotique trouvée expérimentalement est plus grande que la valeur théorique calculée, et tend vers le double de cette valeur; ce fait est à rapprocher de celui déjà signalé par Henri Sainte-Claire Deville en 1864. Interprétant alors les expériences de Graham et les siennes propres, il concluait que la dilution des solutions salines peut amener la *dissociation chimique* (*loc. cit.*, p. 271), expression dont la signification a été précisée depuis par la notion de l'*hydrolyse*, et par l'hypothèse d'Arrhénius sur l'*ionisation*.

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XLV, p. 5.
(2) *Ibid.*, t. XXVII, p. 250.
(3) *Ibid.*, t. LXIV, p. 330.
(4) H. Sainte-Claire Deville, *Leçons de Chimie*, 1864-1865, p. 267.
(5) Schüller, *Annales de Poggendorf*, t. CXXXVI, 1869, p. 70.
(6) *Comptes rendus*, t. 70, 1870, p. 617.

Cet exposé historique montre une fois de plus avec quelle lenteur une idée juste, même quand elle a été émise par un des maîtres de la science, comme Gay-Lussac, est comprise quand elle vient avant son heure, c'est-à-dire avant que les progrès faits par les branches voisines des sciences n'aient préparé les esprits à en accepter toutes les conséquences.

PHOTOCHIMIE. — *Action des rayons ultraviolets sur l'acide lactique.* Note de M. **Marc Landau**, présentée par M. A. Dastre.

Ayant entrepris une série de recherches photochimiques nous avons été amené à étudier l'action de la lumière ultraviolette sur l'acide lactique pur et sur ses solutions aqueuses. Pendant le cours de nos expériences deux travaux ont été publiés portant sur le même sujet : MM. Daniel Berthelot et Henri Gaudechon [1] ont analysé le gaz qui se dégage de l'acide lactique sous l'influence des rayons ultraviolets, M. Hans Euler [2] a mesuré le dégagement de l'acide carbonique et constaté la formation de l'alcool éthylique dans les solutions aqueuses de cette substance. Nous croyons toujours utile de publier les résultats que nous avons obtenus dans nos expériences.

Technique :

Comme source de rayons ultraviolets nous avons employé une lampe en quartz à vapeur de mercure (système Westinghouse Cooper-Hewitt) de 110 volts consommant 3,5 ampères et donnant un arc de 8^{cm} de long. Pour l'étude du gaz qui se dégage de l'acide lactique, nous exposions la substance dans de petits ballons de quartz de 30^{cm^3} à 60^{cm^3} de capacité et de 1^{mm} environ d'épaisseur de parois, soit en la mettant au-dessus de mercure, soit en reliant le ballon qui la contenait avec un long tube de verre recourbé et muni, dans la partie communiquant avec le ballon, d'un réservoir de 75^{cm^3} de capacité et d'un robinet latéral; l'autre extrémité du tube était plongée dans le mercure. On produisait le vide dans l'appareil par le robinet latéral, en faisant ainsi monter le mercure. Pendant l'exposition le niveau de mercure baissait à mesure que le gaz se dégageait, ce qui permettait de suivre la marche de la réaction. On transvasait ensuite le gaz formé dans le tube d'analyse par le robinet latéral. Pour l'étude des transformations qui se produisent au sein du liquide nous avons fait des expériences en présence d'air, en exposant de plus grandes quantités de la substance dans des cristallisoirs en verre couverts par des lames en quartz de $3^{mm},5$ à 4^{mm} d'épaisseur. La durée d'exposition variait entre 10 heures et 200 heures; la distance de la lampe à la substance, entre 2^{cm} et 8^{cm}. La température ne dépassait jamais 30° à 50°.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 30 janvier 1911, p. 264.
(2) *Zeitschrift für physiologische Chemie*, t. LXXI, 29 avril 1911, p. 311.

Voici les résultats de quelques-unes de nos expériences :

1° 15g d'acide lactique pur, exposé sur le mercure à 2^{cm} de la lampe durant 16 heures et ensuite à 5^{cm} durant 19 heures, ont dégagé 22^{cm^3} de gaz (ramené à 0°). L'acide carbonique en forme 88 pour 100, l'oxyde de carbone 7 pour 100;

2° 11^{cm^3} de la solution aqueuse de l'acide lactique à 50 pour 100 ont donné, après l'action de 50 heures à une distance de 3^{cm}, 24^{cm^3} de gaz dont 90 pour 100 d'acide carbonique ;

3° 11^{cm^3} de la solution aqueuse de l'acide lactique à 50 pour 100 en présence de 0g,017 de nitrate d'urane ont dégagé, après l'action de 40 heures, à une distance de la lampe de 3^{cm}, 24^{cm^3} de gaz dont 90 pour 100 d'acide carbonique.

Dans aucune de nos expériences il ne s'est formé de l'oxygène.

En outre du dégagement gazeux, l'acide lactique pur, de même que ses solutions aqueuses, subit, sous l'influence de la lumière ultraviolette, d'autres transformations encore. Nous avons soumis le liquide, après l'exposition en présence de l'air, à une série de distillations et étudié les distillats et les résidus, ainsi que le liquide primitif, à l'aide de différentes réactions chimiques.

Les détails de distillation montrent qu'il se forme plusieurs corps. Le distillat exhale une odeur éthérée. Nous avons pu constater jusqu'ici la formation de l'alcool éthylique et de traces de l'acide pyruvique.

Il se forme en outre un corps qui colore en rouge violacé la solution de fuchsine, décolorée par l'addition de bisulfite de soude et d'acide sulfurique, et réduit à froid le réactif de Tollens (3g de nitrate d'argent, 3g de soude, 30g d'ammoniaque). Mais les quantités dans lesquelles ce corps se forme sont si petites, qu'il ne nous a pas été possible d'établir sa nature exacte. Il paraît que plusieurs réactions complexes et dépendant à un grand degré des conditions d'expérience, ont lieu simultanément.

La lumière ultraviolette est donc capable de produire des transformations profondes dans la molécule de l'acide lactique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la présence de l'azoture de zinc dans les poudres de zinc et dans les zincs commerciaux.* Note (1) de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Troost.

Briegleb et Geuther (2) dans leur Mémoire relatif à l'action de l'azote sur quelques éléments ont remarqué que le zinc, chauffé au rouge faible dans

(1) Présentée dans la séance du 1er mai 1911.

(2) *Annales de Liebig*, t. CXXIII, 1862, p. 239.

un courant d'azote, se couvre alors avec une poudre grise qui s'oppose à l'agglomération de la limaille métallique portée au-dessus de son point de fusion. Le zinc ainsi recouvert de poudre grise fondu avec la potasse dégage un peu d'ammoniaque.

En chauffant la poudre de zinc dans le gaz ammoniac, White et Kirschbraun (¹) ont reconnu que c'est vers 600° que le zinc fixe l'azote le plus rapidement et ils ont pu, dans ces conditions, obtenir un zinc contenant jusqu'à 10,6 pour 100 d'azote.

Les conditions de formation de l'azoture de zinc, à partir de ses éléments, rendent probable la présence de l'azoture dans la poudre de zinc, zinc sublimé recueilli, comme on le sait, dans l'allonge de condensation au début de l'opération, alors que la cornue n'est pas encore complètement débarrassée des gaz de l'air. On peut se demander aussi si cet azoture n'existe pas également dans le métal commercial.

J'ai étudié à ce point de vue un certain nombre de poudres de zinc; poudres préparées récemment ou conservées depuis longtemps; dans toutes j'ai pu constater la présence de l'azoture. Il suffit d'ailleurs de traiter ces poudres par la potasse fondante pour constater un dégagement d'ammoniaque; toutefois l'expérience est délicate à cause de l'entraînement de l'alcali par la vapeur d'eau.

Quelle est la quantité d'azote et par suite d'azoture contenu dans ces poudres?

I. Dans une poudre de belle apparence, dosant 76 pour 100 de métal, on a dosé l'azote par la transformation de l'azoture en ammoniaque, soit par la potasse fondante, soit par une lessive alcaline bouillante et par la détermination de la quantité d'ammoniaque ainsi recueillie.

Les deux méthodes ont donné des résultats concordants :

	NaOH fond. pour 100.	Sol. NaOH, pour 100.
Az................................	0,05	0,053

Soit par suite une teneur en azoture de zinc voisine de

0,4 pour 100.

Ainsi cette poudre renferme donc environ $\frac{1}{250}$ de son poids d'azoture.

II. Un vieil échantillon de zinc en poudre assez oxydé a donné une teneur en azote de

0,018 pour 100,

soit 0,14 pour 100 d'azoture.

(¹) White et Kirschbraun, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. XXVIII, 1906, p. 1346.

III. D'autres échantillons d'origines variées contenaient des quantités d'azoture de même ordre de grandeur :

Az pour 100	0,021	0,026	0,052
Zn^3Az^2 pour 100	0,16	0,21	0,42

IV. Enfin, on a préparé au laboratoire de la poudre de zinc en distillant le métal très lentement de manière à favoriser la formation de l'azoture. On a trouvé effectivement que sa richesse en azoture était plus grande que celle des poudres précédentes :

Az pour 100	0,15
Zn^3Az^2 pour 100	1,20

Il a été possible de mettre en évidence d'une façon certaine la présence d'un peu d'azoture dans certains zincs commerciaux, toutefois la quantité en est toujours très faible et notablement inférieure à celle qu'on rencontre dans les poudres de zinc.

I. Un zinc commun, d'origine inconnue, contenait une quantité d'azote relativement grande, 0,0121 pour 100.

On s'est demandé si le zinc fondu et convenablement chauffé pouvait fixer à nouveau de l'azote. Le zinc, placé dans un creuset dont le fond est porté au rouge, est parcouru par un courant lent d'azote qui traverse tout le liquide fondu. Toutes les demi-heures, on effectue une coulée d'une petite quantité de métal de manière à étudier les quantités d'azote fixées successivement. On a trouvé les teneurs suivantes en azote, pour ces différentes prises :

	Az pour 100.
Après 30 minutes	0,010
Après 1 heure	0,0094
Après 1 heure 30 minutes	0,0091
Après 2 heures	0,0087

Il n'y a donc pas eu fixation d'azote par le métal fondu dans les conditions de l'expérience.

On pouvait se demander si l'azoture formé ne s'éliminait pas du bain de fusion au fur et à mesure de sa formation et s'il ne venait pas se réunir dans la scorie superficielle du bain. Des dosages ont montré que la quantité d'azote contenu dans les crasses de la surface était du même ordre de grandeur que la quantité contenue dans le métal.

Grâce à l'obligeance de la Société de la Vieille Montagne, il nous a été possible d'étudier un certain nombre de ses marques de zinc. Les quantités d'ammoniaque qu'on a pu recueillir en opérant sur des poids de métal de 10^g à 20^g ont toujours été très faibles et souvent de l'ordre des erreurs d'expérience, de sorte qu'il n'est pas possible d'affirmer la présence de l'azote, sous forme d'azoture dans tous ces zincs.

On peut être certain cependant que, dans la plupart des cas, la quantité d'azote contenu dans 1^{kg} de zinc ne dépasse pas, quand elle existe, 30^{mg} à 40^{mg}.

J'ai montré que l'aluminium et le manganèse en brûlant dans l'air, fixaient un peu d'azote en même temps que l'oxygène (1); on pouvait se demander si le zinc, en se transformant en blanc de zinc, formait aussi de petites quantités d'azoture. Six échantillons de blanc de zinc commerciaux n'ont pas fourni trace d'ammoniaque. Le zinc ne fixe donc pas d'azote au moment de sa combustion, ce qui est en rapport d'ailleurs avec le manque de stabilité de son azoture.

En résumé, l'azoture de zinc paraît exister dans toutes les poudres de zinc commerciales; on le rencontre aussi dans certains zincs, mais à des doses toujours extrêmement faibles. Les blancs de zinc n'en contiennent pas.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons définies de l'arsenic et de l'étain.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Eugène-L. Dupuy**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Note (2), l'un de nous a montré que les combinaisons définies du phosphore et de l'étain répondaient aux formules Sn^4P^3 et SnP^3. Il y avait intérêt à reprendre par un procédé analogue à celui qui avait été décrit l'étude du système arsenic-étain, afin de voir si les analogies habituelles entre le phosphore et l'arsenic se vérifieraient dans le cas d'un alliage.

Le mode expérimental que nous avons employé, et qui a déjà été décrit (*loc. cit.*), consistait à chauffer à 650°, en tube scellé, des poids connus d'arsenic et d'étain. Les culots ainsi obtenus étaient ensuite polis et examinés au microscope, après attaque dans une dissolution de chlorure ferrique.

Les composés annoncés dans les travaux antérieurs sont : Sn^6As (3), Sn^3As^2 (4), $SnAs$ (5), Sn^2As^3 (6), Sn^3As^4 (7).

(1) C. Matignon, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1391.
(2) P. Jolibois, *Journal de l'École Polytechnique*, 15e Cahier, 1910.
(3) W. P. Headden, *Am. J. Sc.* (Sill.), t. V, p. 95.
(4) Stead, *J. Soc. Chim. ind.*, t. XVI, p. 200.
(5) Puschin, *J. russ. phys. Ges.*, 1900, t. XXXIX, p. 528.
(6) Descamps, *Comptes rendus*, t. 86, p. 1065.
(7) Spring, *Bulletin Acad. Belg.*, 4e série, t. V, p. 229.

Examen métallographique des échantillons. — L'examen microscopique des culots polis révèle la présence, dès la teneur de 5 pour 100 en arsenic, de grandes aiguilles disséminées dans un fond d'étain. La proportion relative de ces aiguilles augmente jusqu'à 31,4 pour 100 d'arsenic. Cette teneur correspond à une surface polie sensiblement homogène, parcourue seulement par de minces inclusions d'étain.

Au delà de 32 pour 100, la préparation ne contient plus d'étain libre et devient de nouveau hétérogène. On ne peut pas affirmer que les joints (entre 32 pour 100 et 38,5 pour 100), sont constitués par un eutectique.

A 38,5 pour 100 d'arsenic, la surface redevient homogène. Puis, la teneur en arsenic augmentant, un eutectique apparaît. L'eutectique pur est atteint pour une teneur de 50 pour 100 d'arsenic.

Cette proportion passée, des cristaux apparaissent dans le fond d'eutectique. Ces cristaux sont moins attaquables par l'acide nitrique dilué que l'autre constituant. Ils sont plus facilement attaqués que lui par le perchlorure de fer.

Nous n'avons pu dépasser la teneur de 65,2 pour 100 en arsenic, car les tubes ne pouvaient plus supporter la pression qui régnait.

Le résultat de cette étude impliquerait donc l'existence de deux composés définis au moins.

L'un correspondrait à une teneur voisine de 31,4 et l'autre de 38,5.

Or, nous avons d'après la théorie :

	As^3Sn^4.	AsSn.
As pour 100	32,09	38,65

Les composés autres que AsSn décrits par les auteurs précédents semblent donc devoir être rejetés, puisque des culots correspondant aux teneurs qui les caractérisent ne sont pas homogènes.

On peut ajouter une preuve de plus à l'existence de As^3Sn^4. En effet, en dissolvant l'étain qui constitue le culot à 7 pour 100 d'arsenic dans une électrolyse où l'alliage fonctionne comme anode soluble et où l'électrolyte est du chlorure ferreux, on isole des cristaux auxquels l'analyse chimique assigne la composition :

As	32,2
Sn	67,1

résultat très voisin de As^3Sn^4.

La densité de ces cristaux est $D_0 = 6,31$.

Ils sont attaqués par l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'acide sulfurique; les lessives alcalines concentrées et chaudes les dissolvent.

Pour effectuer l'analyse de ce composé, on le dissout dans l'acide chlorhydrique

concentré en présence de chlorate de potasse, et l'on sépare l'arsenic et l'étain à l'état de sulfure d'après Fred. Neher (¹).

Le composé As Sn a des propriétés chimiques très voisines de As^3Sn^4 et nous n'avons pu, malgré de nombreux essais, trouver de méthode pour dissoudre l'un des deux composés sans attaquer l'autre.

Quant aux grands cristaux qui apparaissent dans l'échantillon au delà de 50 pour 100, il semble qu'ils sont constitués par de l'arsenic libre. En effet, si l'on chauffe dans le vide un alliage de teneur 55,6 pour 100, on voit, dès la température de volatilisation de l'arsenic, se creuser des trous qui occupent exactement la place où l'examen microscopique montrait les cristaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode d'éthérification des alcools par les hydracides*. Note [2] de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Haller.

On ne connaît actuellement que deux méthodes générales, réalisant la substitution d'un OH alcoolique par 1^{at} d'halogène. L'une est basée sur l'action des hydracides qui donnent, comme l'on sait, une double décomposition limitée, dite *éthérification;* l'autre repose sur l'action irréversible des dérivés halogénés du phosphore.

Ces réactions n'ont malheureusement pas toute la généralité qu'on leur prête dans les ouvrages classiques. La première ne donne de bons résultats qu'avec HI et, déjà moins bons avec HBr, ils sont souvent très médiocres avec HCl. La seconde est presque toujours accompagnée par la formation d'éthers phosphoriques qui en diminuent les rendements. Toutes deux mettant en œuvre des réactifs, qui sont de puissants agents d'isomérisation, de polymérisation ou même de destruction, ne sont pas applicables à des corps compliqués ou délicats.

Ces considérations m'ont amené à rechercher une nouvelle méthode, qui ne présenterait pas les mêmes inconvénients.

Lorsqu'on traite un alcool quelconque par le chlorure de thionyle, il se forme, en général, l'éther sulfureux correspondant

$$2ROH + SOCl^2 \rightarrow RCl + SO\begin{matrix}\diagup OR\\ \diagdown OR\end{matrix} + 2HCl.$$

(¹) *Zeitsch. für anal. Chemie*, t. XXXII, p. 45.

(²) Présentée dans la séance du 8 mai 1911.

J'ai cherché si l'on ne pouvait pas diriger cette réaction dans le sens indiqué par l'équation suivante :

$$ROH + SOCl^2 \rightarrow RCl + SO^2 + 2HCl$$

qui mène à la substitution cherchée ([1]) et est analogue à l'action bien connue du chlorure de thionyle sur les acides

$$RCOOH + SOCl^2 \rightarrow RCOCl + SO^2 + 2HCl.$$

J'y suis parvenu, en ajoutant une base tertiaire, telle que la diéthylaniline, la quinoléine, la pyridine, etc., qui se combine à la molécule HCl.

Si l'on désigne par B cette base tertiaire, la réaction s'effectue suivant l'équation

$$ROH + SOCl^2 + B \rightarrow RCl + SO^2 + B.HCl.$$

Elle est irréversible, intégrale, et donne des rendements qui ne sont pas inférieurs à 95 pour 100; enfin, elle présente un haut degré de généralité comme j'ai pu m'en assurer.

Dans un ballon muni d'un bouchon portant une ampoule à robinet et une encoche pour assurer le passage de l'air, on mélange une molécule-gramme de l'alcool à transformer avec une molécule-gramme de la base tertiaire.

Puis, tout en l'agitant sous un courant d'eau, on fait écouler lentement, à l'aide de l'ampoule, 125g de $SOCl^2$.

Le dégagement de chaleur est généralement faible, et il suffit de 20 à 30 minutes pour terminer la préparation; on n'observe aucun dégagement d'acide sulfureux qui reste combiné aux produits de la réaction. Le ballon est ensuite muni d'un réfrigérant ascendant et porté dans un bain d'huile, à une température de 80° à 110°, suivant les cas. L'acide sulfureux se dégage et l'on a soin de l'absorber ou de le diriger au dehors; tout dégagement terminé, on reprend la masse par l'eau qui dissout le chlorhydrate de la base et abandonne le chlorure cherché. On le réunit par des épuisements à l'éther; la solution éthérée est elle-même lavée à l'eau acidulée, puis à l'eau et à CO^3Na^2 à 10 pour 100.

Enfin, on sèche sur $CaCl^2$ ou SO^4Na^2, on chasse l'éther et soumet le chlorure à la rectification qui, suivant les cas, se fait à la pression ordinaire ou au vide.

J'ai souvent observé qu'après avoir versé la moitié du chlorure de thionyle, il se formait des précipités transitoires qui disparaissent ensuite;

([1]) On sait que cette réaction a lieu pour les alcools tertiaires et les carbinols aromatiques, où la fonction alcool est en relation directe avec le noyau (Hans Meyer, *Analyse und Konstitutionsermittelung organischer Verbindungen*, 2e édition, p. 456).

ce sont généralement des complexes de la base avec $SOCl^2$ qu'il ne faudrait pas prendre pour un dépôt de chlorhydrate. Je ferai aussi remarquer qu'il est bien souvent inutile d'assurer le dégagement de SO^2 par une élévation de température suffisante; dès la fin de la réaction, on sent naître l'odeur du chlorure et la masse reprise de suite par l'eau donne souvent de bons rendements.

La diméthylaniline et la diéthylaniline sont généralement favorables à ces sortes de réactions; elles donnent des produits peu colorés et sont d'une régénération facile, mais on doit les rejeter lorsqu'elles ne dissolvent pas l'alcool à transformer; dans ce cas on a recours à la pyridine qui dissout tous les alcools avec lesquels elle se combine, en dégageant une notable quantité de chaleur.

L'alcool isoamylique du commerce donne quantitativement, en présence de diéthylaniline, le chlorure d'isoamyle.

La dichlorhydrine se transforme en trichlorhydrine.

L'alcool phényléthylique $C^6H^5 - CH^2 - CH^2OH$ donne dans les mêmes conditions l'α-chloréthylbenzène avec un rendement de 95 pour 100.

L'alcool cinnamique $C^6H^5 - CH = CH - CH^2OH$ permet de préparer le chlorure de cinnamyle avec des rendements presque quantitatifs, alors qu'on ne peut la préparer que difficilement avec $PhCl^5$.

Le bromure de thionyle permet aussi d'obtenir très aisément les éthers bromhydriques. Quant aux dérivés iodés, cette méthode ne leur est pas applicable, l'iodure de thionyle n'étant pas connu; on sait d'ailleurs qu'on peut souvent les préparer par double décomposition entre le dérivé chloré et un iodure métallique, et cette dernière circonstance donne une importance capitale à la nouvelle méthode de préparation des chlorures.

Il n'est pas possible d'éthérifier à l'aide de cette méthode la fonction phénol. J'ai du moins complètement échoué avec le phénol et le β-naphtol.

Avec l'hexahydrophénol, on observe bien une réaction, mais une grande partie du dérivé chloré se transforme en cyclohexène, par perte de HCl, et il suffit même de mettre un excès de base tertiaire pour réaliser une bonne préparation de ce carbure. La réaction équivaut, dans ce cas, à une déshydratation, et elle est due moins à un insuccès qu'à l'instabilité du dérivé halogéné vis-à-vis des bases tertiaires. L'adjonction d'un solvant neutre, éther ou benzène, et une basse température pourront très certainement, dans des cas semblables, éviter cette décomposition.

En terminant, je ferai également remarquer que cette nouvelle méthode d'éthérification, ne mettant en œuvre que des températures peu élevées et

des réactifs pratiquement neutres, permet d'éviter dans une large mesure les isomérisations ou transpositions moléculaires même les plus délicates; c'est ainsi qu'elle conserve le plus souvent la dissymétrie moléculaire, cause du pouvoir rotatoire. J'aurai à revenir sur cette importante propriété.

La simplicité, la rapidité d'exécution, le prix peu élevé des réactifs recommande cette méthode à l'attention des chimistes. J'espère qu'on voudra bien m'accorder le temps nécessaire à parfaire cette découverte.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la fixation de l'acide phosphorique par la matière organique du sol.* Note de M. **A. Petit**, présentée par M. Schlœsing fils.

On sait que l'acide phosphorique est fixé dans le sol, spécialement en raison de l'insolubilité relative des phosphates de calcium, de fer, d'aluminium qu'il y forme.

On a avancé que la matière organique du sol participe aussi à cette fixation, en entrant en combinaison avec l'acide phosphorique. Je me suis demandé si cette assertion était suffisamment fondée.

J'ai fait usage, dans ce but, d'une dissolution titrée de phosphate monocalcique, au contact de laquelle les matières terreuses expérimentées furent laissées pendant deux jours; au bout de ce temps, un nouveau titrage du liquide indiquait si l'acide phosphorique avait été fixé et l'intensité de la fixation.

L'acide phosphorique fut dosé à l'état de pyrophosphate de magnésium. Il fut ainsi trouvé, dans 50^{cm^3} de la dissolution de phosphate monocalcique employée, $0^g,141$ d'anhydride phosphorique. Il est à remarquer que ce titre ne s'écarte pas notablement de celui des solutions qu'on peut appliquer, en horticulture, aux cultures en pots.

100^g de terreau de maraîcher sec, contenant 54,60 pour 100 de matière organique, furent mis en présence de 350^{cm^3} de la dissolution. Après deux jours de contact, je n'ai plus trouvé, dans 50^{cm^3} du liquide, que $0^g,112$ d'anhydride phosphorique.

Le terreau de maraîcher avait donc fixé une fraction notable de l'acide phosphorique (correspondant à $0^g,203$ d'anhydridre phosphorique pour 100^g de terreau sec).

L'expérience fut répétée, exactement dans les mêmes conditions, avec la couche superficielle d'un sol de forêt employée en horticulture à la culture des plantes calcifuges. Cette terre contenait à peu près la même proportion

de matière organique que le terreau de maraîcher, 54,12 pour 100, mais elle était nettement acide. Après deux jours de contact, j'ai trouvé, dans 50^{cm^3} du liquide, $0^g,139$ d'anhydride phosphorique. La fixation fut donc, cette fois, extrêmement faible.

Mais, comme la terre de forêt avait été préalablement desséchée à 100°, on pourrait objecter que la dessiccation a pu en modifier les propriétés. L'expérience fut donc reprise avec cette terre dans son état naturel, et le degré d'humidité en fut déterminé d'autre part. Après les deux jours de contact avec la dissolution de phosphate, le dosage, rapporté à 50^{cm^3} de cette dissolution, fut encore le même que précédemment, $0^g,139$, exprimé en anhydride phosphorique.

Cette terre de forêt, malgré sa très grande richesse en matière organique, ne possédait donc qu'un pouvoir fixateur extrêmement faible à l'égard de l'acide phosphorique.

Il importait maintenant de rechercher si la matière organique du terreau de maraîcher avait pris quelque part à la fixation observée. Dans ce but, la matière noire ou acide humique de ce terreau en fut extraite à la façon habituelle : traitement par l'acide chlorhydrique étendu, lavage à l'eau distillée, traitement par une solution étendue d'ammoniaque, précipitation par l'acide chlorhydrique, puis lavage complet à l'eau distillée.

L'acide humique ainsi obtenu fut employé à l'état humide; il renfermait 85,44 pour 100 d'eau.

Dans une première expérience, $109^g,91$ d'acide humique furent mis en présence de 300^{cm^3} de la dissolution de phosphate. Le titrage du liquide, après deux jours de contact, a donné, rapporté à 50^{cm^3} de la dissolution, $0^g,141$ d'anhydride phosphorique.

Dans une seconde expérience, il fut employé une proportion beaucoup plus grande de cette matière noire, $194^g,48$ pour 200^{cm^3} de la dissolution. Au bout de deux jours, le dosage, rapporté à 50^{cm^3} de la dissolution, fut de $0^g,142$, exprimé en anhydride phosphorique.

Dans ces deux expériences, la matière noire de terreau, préparée comme on l'a dit, s'est donc montrée incapable de fixer l'acide phosphorique.

Il est fort possible que le terreau ci-dessus tienne son pouvoir fixateur à l'égard de l'acide phosphorique des substances minérales qu'il renferme, particulièrement des composés de calcium, de fer et d'aluminium.

Si on le calcine, de manière à en détruire la matière organique, le résidu de la calcination fixe l'acide phosphorique dans une forte proportion. Il arrive même que son pouvoir fixateur est beaucoup plus grand que celui du

terreau lui-même; c'est ainsi que le produit de la calcination de 50^g du terreau ayant été mis en contact avec 175^{cm^3} de la solution de phosphate monocalcique, on ne trouva plus, au bout de deux jours, dans 50^{cm^3} du liquide, que $0^g,016$ d'anhydride phosphorique.

Nous pouvons tout au moins conclure de ces expériences qu'il y a des sols très riches en matière organique, comme la terre de forêt expérimentée, qui n'exercent pas d'action fixatrice appréciable à l'égard de l'acide phosphorique, dans les conditions qui ont été relatées, et que, dans ces mêmes conditions, la matière noire extraite du terreau de maraîcher par le procédé ordinaire se montre incapable de fixer l'acide phosphorique.

BOTANIQUE. — *Par la méthode des traumatismes, peut-on obtenir des formes végétales véritablement nouvelles?* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une précédente Communication relative aux variations brusques du *Zinnia elegans* sous l'action des traumatismes ([1]), j'ai déjà signalé l'apparition subite de certains caractères affectant la structure des capitules, la couleur des fleurons et de leurs écailles, la forme et le mode de groupement des feuilles autour des rameaux. Depuis j'ai cherché si ces caractères ne pourraient pas être héréditaires et quelle devrait être leur signification au point de vue de l'évolution du genre *Zinnia*.

Pour éviter les causes d'erreur que nous apporte presque toujours la pollinisation par les insectes, certaines des fleurs qui avaient présenté des variations avaient été placées dans des sacs de gaze, un peu avant la maturation de leurs organes sexuels. Celle-ci arrivée, j'ai fécondé les fleurons femelles avec un petit pinceau passé auparavant sur les étamines des fleurons hermaphrodites du même capitule. Le nombre des graines que j'ai obtenu a été fort restreint, probablement en raison des pluies continuelles de cette époque (1909). Pour chaque fleur, il ne s'élevait pas plus de huit à quinze. Malgré ce petit nombre de graines, il m'a cependant été possible de constater que les anomalies de la structure des capitules qui ont formé des fleurs monstrueuses à double, triple et quadruple réceptacle, ne se sont pas montrées héréditaires.

([1]) Paul Becquerel, *Variations du* Zinnia elegans *sous l'action des traumatismes*, (*Comptes rendus*, 13 décembre 1909).

Seuls, se sont transmis par graine les caractères qui ont porté sur la couleur des fleurons ligulés et sur celle des écailles des fleurons hermaphrodites. Ainsi, les graines des fleurons ligulés entièrement rouges apparus subitement sur les réceptacles des fleurs des Zinnias doubles ou simples à fleurons ligulés, normalement blancs ou jaunes, striés de rouge, ont donné des plantes dont toutes les fleurs ont été constituées de fleurons ligulés rouges. De même, les graines de toutes les fleurs blanches qui se sont montrées brusquement sur des pieds de Zinnias à fleurs rouges ont toujours produit des plantes à fleurs blanches. Une exception intéressante est à signaler pour les graines recueillies sur une fleur rouge d'un Zinnia simple, dont les fleurs possédaient normalement des fleurons ligulés blancs légèrement striés de rouge. Deux graines sur dix ont fourni des plantes à fleurs blanches légèrement striées de rouge. C'était là un cas de retour à la plante mère.

Maintenant, ces variétés rouges et blanches que je viens d'isoler, et dont les caractères se sont montrés stables pendant la première génération, sont-elles véritablement nouvelles ?

Comme elles ressemblent presque identiquement à d'autres variétés de Zinnias rouges et blancs que je cultive depuis près de dix ans dans mes plates-bandes, j'admets que les caractères qui les composent sont aussi anciens que ceux de ces dernières.

J'aurai donc assisté à l'apparition brusque de certains caractères ataviques. Et cela s'explique fort naturellement par ce fait que j'ai constaté : c'est que chez les Zinnias l'autofécondation est très rare, alors que la fécondation croisée par les insectes est la règle générale. Dans ces conditions, le genre *Zinnia* ne peut être constitué actuellement que par différentes séries d'hybrides dont les caractères acquis, au cours des innombrables croisements depuis des milliers d'années, sont plus ou moins stables.

Ces caractères apportés par cette sorte de polyhybridation continuelle se partageraient en deux grandes catégories : les caractères anciens susceptibles de demeurer latents pendant plusieurs générations jusqu'à ce que des causes subites, telles que la surnutrition ou l'action des traumatismes, les fassent réapparaître, et les caractères récents introduits par l'hybridation des types actuels. La disjonction de ces derniers caractères qui s'opère avec tant de facilité dans les semis serait celle qu'on connaîtrait le mieux en ce moment. Cette hypothèse se trouve non seulement appuyée par mes observations, mais encore elle est en parfaite conformité avec les admirables

recherches de Grégor Mendel (¹) et de Bateson (²) sur la combinaison et la disjonction des caractères des polyhybrides. Quant aux anomalies monstrueuses partiellement héréditaires ou non, qui se présentent toujours avec les mêmes caractères, dans les mêmes genres depuis des milliers d'années, ce seraient des cas d'allotropie produits toujours par le retour des mêmes conditions exceptionnelles dans la nutrition et l'évolution de l'individu.

Contre cette manière de voir, paraissent s'opposer très nettement les résultats obtenus sur le Maïs par M. Blaringhem.

M. Blaringhem a affirmé à maintes reprises que, sous l'action des traumatismes, le Maïs de Pensylvanie lui aurait donné des formes qu'il qualifie d'*acquisitions nouvelles pour la tribu des Maydées* (³). Ce seraient d'abord des caractères instables, tels que des fasciations et des métamorphoses sexuelles, puis des feuilles panachées, albines, tubulées ou crispées. Ce seraient ensuite des caractères devenus héréditaires, constituant deux espèces nouvelles, le *Zea Mays pseudo Androgyna*, à épillets hermaphrodites et le *Zea Mays præcox* nain, mûrissant plusieurs semaines avant le *Mays* de Pensylvanie. Or tous les caractères prétendus nouveaux, c'est-à-dire comme ayant apparu pour la première fois, concernant les fasciations, les métamorphoses des fleurs mâles et femelles et la présence de fleurs hermaphrodites, sont plus ou moins bien décrits dans les traités de tératologie végétale de Moquin Tandon (1841) et de Penzig (1894). Des auteurs comme Turpin (1833), J. Scott (1868), Krafft (1869), y ont consacré des Mémoires entiers.

Même le rôle des traumatismes dans la production de ces anomalies avait déjà été signalé par Karl Muller en 1858 (*Botanische Zeitung*, t. XVI, p. 297). En outre les formes naines et précoces sont connues dans beaucoup de variétés de Maïs. Darwin raconte, dans son Ouvrage sur la variation des plantes et des animaux, qu'en Pensylvanie on plante souvent ensemble des maïs grands et petits. Ces derniers mûrissent toujours six à sept semaines avant les autres (⁴). De même les feuilles albines et crispées,

(¹) MENDEL, *Recherches sur les hybrides végétaux* (*Bulletin scient. de France et de Belgique*, t. XLI, 1907).

(²) BATESON, *Mendel's principles of heredity*. Cambridge, 1909.

(³) LOUIS BLARINGHEM, *Mutation et traumatismes* (*Bull. scient. de France et de Belgique*, 1907, p. 183, 226, 228).

(⁴) DARWIN, *De la variation des animaux et des plantes*, t. I, p. 341. Traduction Moulinié. Reinwald (1868).

quoique ayant moins attiré l'attention des descripteurs, sont assez fréquentes. Il y a trois ans, j'ai eu l'occasion d'en rencontrer dans mes cultures de *Zea Mays Japonica*.

Ainsi M. Blaringhem avec le Maïs, pas davantage que moi-même avec le Zinnia, n'a obtenu des formes véritablement nouvelles. *Les caractères que nous avons fait surgir avec l'aide des traumatismes sur des plantes qui ont le grave défaut d'être des polyhybrides sont tous des caractères ataviques ou des caractères tératologiques que ces genres ont toujours présentés sporadiquement depuis plusieurs milliers d'années.*

Comme l'ont déjà fort bien dit MM. Ettingshausen et Krasan, dans leurs belles recherches sur les variations brusques des feuilles (1889), la méthode des traumatismes n'a qu'un intérêt pour la doctrine de l'évolution, c'est de faire réapparaître des formes ancestrales et nous permettre de reconstituer de cette manière la phylogénie des espèces végétales (¹).

PATHOLOGIE. — *Sur la région d'invasion primaire de la syphilis.* Note de M. H. Hallopeau, présentée par M. O.-M. Lannelongue.

Cette région n'est pas limitée, comme on l'admet généralement, à l'accident primitif; elle comprend simultanément, en ce qui concerne les localisations les plus habituelles de l'infection, les organes génitaux externes, les lymphatiques qui en émanent et les pléiades ganglionnaires auxquelles aboutissent ces vaisseaux.

L'exactitude de cette proposition ressort des résultats que donne le traitement abortif local par des injections parasiticides suffisamment réitérées, qui permet d'atteindre le *Treponema pallidum* dans toutes ces parties. Elle explique comment toutes les tentatives dans le même sens, qui ont consisté seulement dans l'ablation ou la destruction de l'accident primitif, même accompagnée de l'extirpation chirurgicale du ganglion direct, ont abouti à des insuccès. Elle montre également que ce traitement abortif local ne doit pas être directement dirigé contre les ganglions qu'on ne peut atteindre dans leur ensemble, mais bien appliqué à la totalité de la région dont les lymphatiques vont se distribuer à toute cette masse ganglionnaire, aussi bien dans sa partie pelvienne que dans sa partie inguinale.

(¹) Ettingshausen et Krasan, *Denkschriften der Kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien*, Bd. LV (38 pages et 4 tableaux).

Ces faits nous conduisent à modifier la doctrine régnante en ce qui a trait à l'invasion des tréponèmes pâles : ces parasites ne restent pas circonscrits à l'accident primitif ; ils n'envahissent pas non plus d'emblée tout l'organisme, comme le soutiennent la plupart des syphiligraphes.

Les ganglions inguinaux et pelviens leur opposent une barrière qui fait obstacle à leur propagation pendant les six semaines de la période primaire, ils exercent ainsi sur eux une action d'arrêt.

Il en résulte que, si l'on parvient à détruire les tréponèmes, dans toute cette région d'invasion initiale, on enraye par cela même l'évolution de la maladie. Si quelques rares tréponèmes ont dès lors pénétré dans la circulation générale, ils y restent silencieux, et la résorption des parasiticides employés localement pour détruire les parasites des foyers initiaux suffit pour en avoir raison : l'observation le démontre.

Il suffit donc de détruire les tréponèmes localisés dans toute cette région d'invasion primaire pour faire avorter la maladie : de nombreuses expériences en font foi.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur la diiodotyrosine et son utilisation possible en thérapeutique.* Note de M. **Albert Berthelot**, présentée par M. E. Roux.

En hydrolysant par la baryte la gorgonine, substance albuminoïde iodée provenant du squelette axial d'un Coralliaire (*Gorgonia Cavolinii*), Drechsel a obtenu un composé très riche en iode qu'il a décrit sous le nom d'*acide iodogorgoïque* ([1]). En 1905, Weehler et Jamieson, en iodant directement la *l*-tyrosine, ont préparé une 3.5-diiodo-*l*-tyrosine dont ils ont affirmé l'identité avec l'acide iodogorgoïque obtenu par Drechsel ([2]). En 1907, Henze, qui depuis longtemps déjà étudiait la gorgonine, se refusa à adopter les conclusions de Weehler et Jamieson ; d'après lui, c'est à la 3.5-diiodo-*dl*-tyrosine, qu'il a préparée en partant de tyrosine inactive, qu'on doit identifier l'acide iodogorgoïque ([3]).

Tout récemment, par l'hydrolyse barytique d'une albumine iodée artificielle employée en thérapeutique (iodalbacide), Adolf Oswald a obtenu de la diiodotyrosine, mais il n'a pas indiqué quelle en était l'action sur la lumière polarisée ([4]).

Des travaux de ces divers auteurs se dégage donc ce fait important que

([1]) Drechsel, *Zeits. f. Biologie*, t. XXXIII, 1896, p. 90.

([2]) Weehler and Jamieson, *American chemical Journal*, t. XXXIII, 1905, p. 365.

([3]) Henze, *Zeits. f. physiol. Chemie*, t. XXXVIII, 1903, p. 60 ; t. LI, 1907, p. 64.

([4]) Adolf Oswald, *Zeits. f. physiol. Chemie*, 1911, p. 310.

la plus grande partie, et peut-être dans certains cas la totalité, de l'iode existant dans les iodalbumines naturelles ou artificielles est fixée sur la tyrosine et que ce métalloïde se retrouve à l'état de diiodotyrosine dans les produits d'hydrolyse des diverses albumines iodées.

Il est donc logique de penser que la diiodotyrosine constitue en quelque sorte le principe actif des nombreux protéiques iodés qu'emploie actuellement la thérapeutique et qu'elle est l'iodique le mieux approprié à entrer dans la constitution des iodalbumines qui existent normalement dans l'organisme. Ce raisonnement a certainement donné à Abderhalden et Slavu l'idée d'utiliser en médecine la tyrosine diiodée, car ils en ont commencé l'étude pharmacodynamique ; ils ont en effet étudié comment se fait chez les animaux l'élimination de l'iode administré sous forme de diiodo-*l*-tyrosine et de glycyldiiodotyrosine (1). L'étude des modifications subies dans l'organisme par ce dipeptide a été reprise par Slavu qui a établi qu'en injection intraveineuse il détermine toujours un abaissement de la pression artérielle (2). Enfin, à l'occasion d'un travail de Pépin sur les peptones iodées, Chevalier a entrepris des recherches en vue de déterminer la part qui revient à la diiodotyrosine dans l'action de ces médicaments (3).

M. Macquaire ayant eu l'amabilité de mettre à ma disposition une quantité assez importante de tyrosine, j'ai cherché à établir comment l'organisme animal tolère la tyrosine diiodée. Toutes mes expériences ont été faites avec de la 3.5-diiodo-*l*-tyrosine préparée en partant de *l*-tyrosine provenant de la digestion tryptique de la viande.

J'ai systématiquement écarté la variété inactive parce que j'ai remarqué que la racémisation de la diiodotyrosine lévogyre s'effectue facilement sous des influences minimes ; il me paraît vraisemblable que seule la forme gauche existe dans les iodalbumines naturelles. Si l'on a isolé la diiodo-*dl*-tyrosine, en partant de cette source, cela tient sans doute à la violence des agents hydrolytiques utilisés ou à la nature même des procédés de purification ; c'est d'ailleurs un point sur lequel je me propose de revenir lorsque je publierai les résultats de recherches en cours sur les dérivés iodés de la tyrosine autres que la diiodo.

J'ai constaté que le lapin et le cobaye supportent très bien la diiodotyrosine quel qu'en soit le mode d'administration. Un certain nombre d'expé-

(1) ABDERHALDEN und SLAVU, *Zeits. f. physiol. Chemie*, t. LXI, fasc. 4 et 5, 1909.

(2) SLAVU, *Comptes rendus Soc. Biologie*, n° 36, 1909, p. 734.

(3) CHEVALIER, *Bulletin général de Thérapeutique*, t. CLXI, 1911, p. 230.

riences dont je publierai prochainement les détails, m'ont permis d'établir qu'on peut faire ingérer impunément au lapin une dose de dérivé iodé correspondant à environ $0^g,40$ d'iode par kilogramme d'animal. Un lapin de 3200^g tolère parfaitement une injection intra-veineuse de $0^g,50$ de diiodotyrosine (solution aqueuse de la combinaison disodique).

J'ai pu également injecter sans inconvénient dans les veines d'un singe de 1670^g une dose de tyrosine diiodée qui correspondait à 30^{cg} d'iode.

La constatation de l'innocuité de la tyrosine pour les animaux m'a autorisé à tenter quelques essais sur l'homme.

Ces essais ont eu pour sujet un syphilitique de 19 ans; je lui ai administré, soit par ingestion, soit par injection intra-musculaire, des doses croissantes de diiodotyrosine. J'ai pu atteindre la dose de 2^g en 24 heures, soit environ $1^g,15$ d'iode, sans qu'il ait manifesté le moindre signe d'iodisme, même après l'injection dans les muscles [1].

En résumé au cours de ces premières recherches, j'ai pu constater que la 3.5-diiodo-*l*-tyrosine est très bien tolérée par l'homme et les animaux; rien ne s'oppose donc à ce qu'on aborde l'étude de ses propriétés thérapeutiques. En raison de ses affinités avec les iodalbumines naturelles, cette substance permettra peut-être d'obtenir des effets utiles avec des doses d'iode inférieures à celles que l'on croit généralement nécessaires; il est possible également qu'elle nous donne le moyen d'introduire dans l'organisme, sans que celui-ci en souffre, des quantités d'iode supérieures à celles qu'utilise actuellement la médecine. Ce n'est là bien entendu qu'une hypothèse, aussi pour établir dans quelle mesure elle est réalisable je me propose d'essayer la diiodotyrosine dans tous les cas où l'iode est indiqué, notamment dans la syphilis, les mycoses et les affections cardio-vasculaires.

L'objection la plus sérieuse qu'on puisse faire à l'introduction de la tyrosine diiodée en thérapeutique est fondée sur le prix assez élevé de la matière première. Il n'y a cependant pas lieu de s'y arrêter; en effet, la tyrosine est un sous-produit, jusqu'ici sans emploi, de l'industrie des peptones pancréatiques. Si cette source devenait insuffisante, il suffirait d'avoir recours à l'hydrolyse des déchets de soie ou mieux encore à la synthèse.

---

(1) Chez ce malade, l'élimination urinaire de l'iode s'est toujours effectuée sans altérer en rien les fonctions rénales; l'ingestion de fortes doses n'a jamais été suivie de signes d'intolérance gastrique.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *La marche sur un plan incliné.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. A. Dastre.

Un homme marche sur une route inclinée, dans le sens de la montée, puis dans celui de la descente. Quelle quantité d'énergie doit-il dépenser? Quelle est aussi la loi de cette dépense en fonction de la déclivité du terrain?

Pour répondre à ces deux questions, nous avons installé un plan incliné très rigide, recouvert d'une mince couche de plâtre; sa longueur est de $10^m,65$; sa pente de 8^{cm} dans une série d'expériences, et de 13^{cm} par mètre dans une seconde série. L'homme effectue une ascension, par exemple, et la mesure de sa dépense est faite pour *trois minutes* depuis l'instant de la mise en marche. On compare les quantités d'oxygène consommé au repos et au travail; leur différence exprime la dépense consacrée à faire le trajet (¹). La cadence du pas est uniformément de 100 par minute, soit $3^{km},700$ à l'heure en moyenne.

Chacune de nos expériences est double : tantôt le sujet marche sans fardeau, tantôt il porte un *sac* de fantassin pesant exactement $7^k,300$.

I. — Pente de 8^{cm} par mètre.

Sans fardeau.

	Ascension.			Descente.		
	Débit gazeux en 3 minutes.		Oxygène en excès.	Débit gazeux en 3 minutes.		Oxygène en excès.
	Repos.	Marche.		Repos.	Marche.	
	l 26,50	l 28,10	cm³ 148	l 31,50	l 30,80	cm³ 127
	27,25	31,85	160	34,00	33,50	122
	30,25	34,10	166	35,50	34,40	140
	33,10	34,55	158	33,20	32,65	135
	32,25	37,15	163	»	»	»
Moy...	29,90	33,15	159	33,55	32,80	131

Avec fardeau.

	37,75	42,05	230	38,75	45,25	167
	36,85	41,20	237	34,55	33,30	171
	34,90	40,85	248	36,20	34,00	180
Moy...	36,50	41,35	238	36,50	37,50	173

En palier la dépense est { sans fardeau... 63^{cm^3} ; avec fardeau... 75^{cm^3} }

(¹) *Comptes rendus* du 18 février et *Journal de Physiologie*, 1911.

Ainsi entre les dépenses de descente et d'ascension, le rapport est de $\frac{8}{10}$ quand l'homme n'est pas chargé, de $\frac{7}{10}$ quand il porte un fardeau de 7^{kg},300. L'augmentation de dépense qui résulte du port du fardeau est plus grande en montant qu'en descendant le plan incliné; environ $\frac{1}{2}$ de sa valeur dans le premier cas, $\frac{1}{3}$ dans le second.

II. — Pente de 13^{cm} par mètre.

Sans fardeau.

	Ascension. Débit gazeux en 3 minutes. Repos.	Ascension. Débit gazeux en 3 minutes. Marche.	Ascension. Oxygène en excès.	Descente. Débit gazeux en 3 minutes. Repos.	Descente. Débit gazeux en 3 minutes. Marche.	Descente. Oxygène en excès.
	l	l	cm³	l	l	cm³
	37,45	42,55	236	40,45	38,20	169
	27,20	34,60	328	35,55	34,70	153
	30,40	38,85	278	34,35	31,50	148
	»	»	»	32,10	25,70	161
Moy...	31,70	38,65	281	35,60	32,50	158

Avec fardeau.

	34,35	34,15	331	32,25	30,40	159
	32,50	33,20	370	36,60	35,15	148
	36,40	38,70	345	32,10	26,60	92
	»	»	»	36,70	29,80	117
Moy...	33,75	36,20	349	34,40	30,50	129

Tous ces résultats peuvent être groupés dans le Tableau suivant :

		Ascension.	Descente.	En palier.
		cm³	cm³	cm³
Pente de 8^{cm}	sans charge........	159	131	63
	avec charge........	238	173	75
Pente de 13^{cm}	sans charge........	281	158	»
	avec charge........	349	129	»

La pente a varié de 8^{cm} à 13^{cm} par mètre, soit une inclinaison maximum sur l'horizon voisine de 8°. La dépense pour s'élever sur le plan a varié dans le même sens, et presque dans le même rapport $\frac{13}{8}$, un peu plus faiblement quand on porte le fardeau.

Quant à la descente, l'énergie qui s'y dépense offre des variations très curieuses. D'abord, elle décroît quand la pente augmente. En outre, tandis que, pour une faible déclivité, le port d'un fardeau élève la dépense, pour

une déclivité de 8°, au contraire, il l'abaisse. En d'autres termes, *la descente des fortes pentes, dans les limites que nous venons d'assigner, économise la dépense.*

L'interprétation de ces résultats semble des plus difficiles. Pour la montée, on comprend l'accroissement de la dépense, du reste fort régulier. Le travail est, en effet, comme la dépense correspondante, proportionnel à la pente. Mais dans la marche inverse, il n'est pas à présumer que la composante tangentielle du poids du corps intervienne pour réduire d'autant plus l'effort à produire que la descente sera plus vive.

Il importe de reprendre cette étude en variant la pente et le fardeau dans de larges limites.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la viscosité du milieu sur les actions diastasiques.* Note de MM. **P. Achalme** et **M. Bresson**, présentée par M. Edmond Perrier.

Bien que la viscosité du milieu exerce une action évidente sur les phénomènes intimes de la vie, les travaux sur cette matière sont relativement rares, surtout en France, et ne portent guère que sur le côté mécanique de la question. Aucune de ces recherches n'envisage la possibilité d'une action directe de la viscosité sur les phénomènes diastasiques.

Nous avons donc cherché à étudier l'action que peuvent manifester sur l'activité des enzymes les variations du coefficient de viscosité du milieu. La difficulté était, pensions-nous, d'isoler l'influence de ces variations de celle des autres facteurs (phénomènes de coagulation, tension superficielle, etc.) susceptibles d'atténuer ou d'exalter l'action des ferments solubles.

Le corps qui nous a semblé convenir le mieux à cette étude est la glycérine. Douée d'un pouvoir inducteur spécifique considérable, c'est-à-dire étant bon ionisant, n'exerçant sur les matières albuminoïdes aucune action coagulante, miscible à l'eau en toute portion, possédant un coefficient de viscosité très élevé, enfin facile à obtenir dans un état de pureté et de neutralité suffisantes, la glycérine semble réunir toutes les conditions nécessaires pour mettre en évidence l'influence prépondérante du facteur viscosité en la mélangeant en proportions variables aux liquides actifs.

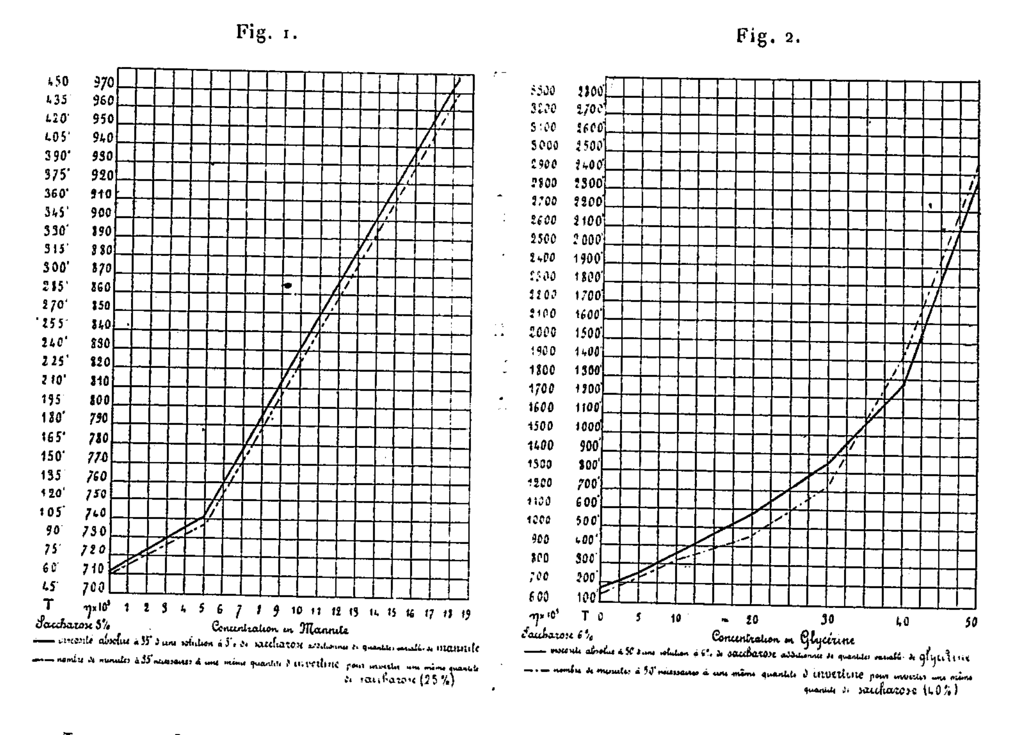
Bien que nous ayons été conduits à ces expériences par une hypothèse cinétique des actions diastasiques, nous avons été extrêmement surpris de l'influence énorme exercée sur l'activité diastasique par les variations de

viscosité, influence telle que tous les autres facteurs semblent relégués au second plan.

Dans nos mensurations de viscosité, nous nous sommes servis du viscosimètre Grobert et Demichel qui, malgré sa simplicité, donne des résultats d'une précision remarquable. Nous avons converti les chiffres obtenus dans nos expériences en chiffres de viscosité absolue en comparant la viscosité des liquides sur lesquels ont porté nos expériences, à celle de l'eau distillée, telle que l'ont déterminé Thorpe et Rodger après Poiseuille.

D'autre part, nous avons mesuré l'action diastasique en comparant le nombre de minutes nécessaires à l'interversion d'une proportion déterminée, 25 à 50 pour 100 de la quantité initiale de saccharose par une macération de levure desséchée après avoir subi l'action de l'acétone. Cette méthode est en effet la plus simple pour les calculs, car elle fait disparaître toute la partie logarithmique de la formule des vitesses d'action. Les dosages étaient effectués par le procédé de Bertrand.

Fig. 1. Fig. 2.



Les courbes, construites à l'aide des chiffres ainsi obtenus, présentent, comme on peut s'en convaincre, un parallélisme frappant, malgré l'ignorance où nous sommes des autres facteurs en présence (*fig.* 2).

Les expériences avec l'invertine ayant donné des résultats absolument démonstratifs, nous avons expérimenté avec d'autres diastases, et nous avons constaté que ce même retard était apporté par la glycérine à l'action de l'émulsine, de l'amylase, de la trypsine et des oxydases organiques ou mêmes inorganiques. Il s'agit donc d'un phénomène qu'on peut considérer comme général.

Pour répondre à l'objection, incompatible du reste avec la variété et les détails des expériences, suivant laquelle la glycérine agirait chimiquement et non en raison de sa viscosité, nous lui avons substitué le saccharose, la mannite, et nous avons vu que sur l'émulsine, la trypsine, etc., l'effet retardateur était également en parallélisme étroit avec la viscosité du milieu. La mannite notamment nous a donné des courbes absolument caractéristiques (*fig.* 1).

Dans ces expériences, nous avons évité volontairement d'augmenter la viscosité à l'aide d'une substance colloïdale (gélatine, gomme, etc.). Dans ces cas, en effet, les résultats deviennent d'une interprétation difficile; car le milieu n'étant plus homogène, il y a lieu probablement de tenir compte non de la viscosité totale, mais de la viscosité intermicellaire que nous n'avons aucun moyen de mesurer.

Quant à l'action de la viscosité de la solution de saccharose sur l'invertine, nous verrons, dans un prochain travail, qu'elle donne une explication simple des contradictions des différents auteurs au sujet de la loi d'action de cette diastase. L'introduction de ce facteur amène en effet des résultats inattendus dans l'étude de l'influence de la concentration, de la chaleur et des produits de la réaction sur les vitesses de l'action diastasique et permet de réduire cette dernière à une loi simple, conforme à la loi logarithmique des acides et par cela même d'accord avec la loi d'action des masses dont elle démontre la généralisation possible aux phénomènes physicochimiques de l'organisme.

ANATOMIE. — *Observations comparatives sur les rapports du poumon et des sacs aériens chez les Oiseaux.* Note de M. **Armand Juillet**, présentée par M. Yves Delage.

Dans une Note précédente (10 avril), j'ai indiqué les rapports des bronches et des sacs aériens chez le Poulet. Mais les dispositions présentées par cet Oiseau ne se retrouvent pas intégralement dans les autres espèces, et il y a des variations assez grandes dans le nombre et dans la situation des

orifices qui font communiquer les sacs aériens avec le poumon. D'après mes recherches, portant sur dix-sept espèces appartenant à sept ordres différents, on peut distinguer tout d'abord deux types principaux, suivant que le sac interclaviculaire naît sur la troisième entobronche par un tronc qui lui est commun avec le sac diaphragmatique antérieur, ou bien qu'il prend son origine, d'une manière indépendante, sur la première entobronche.

Type I. — Ce type est caractérisé par la communication du sac diaphragmatique antérieur et du sac interclaviculaire, communication qui résulte de la naissance du sac interclaviculaire sur la troisième entobronche par un canal commun avec le sac diaphragmatique antérieur. Cette disposition du sac interclaviculaire, qui s'observe dans le plus grand nombre des cas (quatorze espèces sur dix-sept), est celle qui a été décrite précédemment chez le Poulet. La structure présentée par cet animal constitue un type moyen, auquel il est facile de ramener les autres par le défaut ou l'absence d'un orifice ou par le dédoublement d'un autre orifice.

a. Type moyen, sept orifices. Ce type a été observé dans des espèces appartenant à des groupes très différents : Poulet, Perdrix, — Poule d'eau (Gallinule), — Cheveche, Effraie. Dans ce cas, les orifices sont répartis de la manière suivante : 1° un premier orifice placé sur le rameau cranial de la première entobronche, c'est l'orifice direct du sac cervical; 2° dans le territoire du sac interclaviculaire, deux orifices, l'orifice direct qui conduit dans le sac diaphragmatique antérieur et l'orifice récurrent placé très en dehors; 3° dans le territoire du sac diaphragmatique antérieur qui recouvre presque entièrement la face ventrale du poumon en arrière de la trachée, deux orifices, l'orifice direct placé près du bord médial, l'orifice récurrent situé près du bord latéral; 4° en rapport avec le sac diaphragmatique postérieur qui s'étend seulement sur une faible partie de la face ventrale du poumon, on observe un seul orifice large, comprenant à la fois le canal direct et tout autour de lui les bronches récurrentes de ce sac (orifice polybronchique mixte); 5° en rapport avec le sac abdominal un vaste orifice unique, également polybronchique, mixte pour le canal direct et les bronches récurrentes de ce sac.

b. Type réduit, six orifices. La disposition des orifices et les rapports des sacs sont absolument les mêmes que chez le Poulet, mais le sac interclaviculaire manque de bronches récurrentes et par suite le nombre total des orifices est seulement de six. Cette disposition a été rencontrée chez le Pigeon, la Perruche ondulée et la Perruche à collier.

c. Type augmenté, plus de sept orifices. L'augmentation du nombre des orifices est variable. Tantôt la structure ne diffère de celle observée chez le Poulet que parce que le sac diaphragmatique postérieur occupe une grande partie de la face ventrale du poumon en arrière de la trachée, et que l'orifice unique (polybronchique mixte) qu'il présente chez le Poulet est ici dédoublé en deux orifices distincts, l'un pour le canal

direct placé plus médialement, l'autre pour les bronches récurrentes qui sont situées tout à fait latéralement, empiétant même sur la face dorsale du poumon. Cette disposition a été rencontrée chez le Geai, le Moineau, le Bruant, le Verdier, le Pinson, le Traquet-Motteux et chez le Martinet. Tantôt il y a à la fois dédoublement d'un orifice récurrent unique chez le Poulet, à savoir l'orifice récurrent du sac diaphragmatique antérieur et enfin formation d'un sac aérien nouveau, qui n'a point encore été signalé jusqu'ici, le sac cervical latéral qui naît un peu en dehors du sac cervical typique par un orifice direct rattaché à la première entobronche. Dans ce cas, observé chez une Mouette et un Goëland (*Larus ridibundus* et *L. fuscus*), le nombre total des orifices monte jusqu'à neuf, le plus élevé que j'ai observé jusqu'à présent.

Type II. — Le second type diffère du premier en ce que le sac interclaviculaire naît par un conduit propre sur la première entobronche et ne communique jamais avec le diaphragmatique antérieur. Ce type est réalisé, avec de légères modifications spécifiques, chez le Canard, chez l'Oie et la Sarcelle; il y a chez ces animaux sept orifices qui sont répartis de la manière suivante : 1° un orifice direct pour le sac cervical; 2° un orifice direct et un orifice récurrent pour le sac interclaviculaire; 3° un orifice direct et un orifice récurrent, parfois dédoublé en deux orifices voisins l'un et l'autre, pour le diaphragmatique antérieur; 4° un orifice unique, polybronchique mixte, pour le diaphragmatique postérieur et de même pour le sac abdominal.

Il y a lieu de faire remarquer que le second type se rencontre seulement dans l'ordre des Ansériformes qui présente, comme on le sait, des caractères primitifs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques phénomènes de réduction de l'oxyhémoglobine.* Note de M. J. WOLFF, présentée par M. E. Roux.

On admet généralement que le sulfure d'ammonium a la propriété de transformer l'oxyhémoglobine en hémoglobine et que celle-ci, par simple agitation à l'air, repasse à l'état d'oxyhémoglobine.

On suit aisément les diverses phases du phénomène par l'examen du spectre d'absorption de l'oxyhémoglobine. J'ai vérifié les observations faites à ce sujet par des expériences nouvelles dont je donnerai les détails ailleurs. Lorsqu'on se place dans de bonnes conditions, les phénomènes de réduction et d'oxydation peuvent se poursuivre de 25 à 30 fois dans l'espace de *deux heures et demie à trois heures*. Au bout de ce temps, l'oxyhémoglobine est presque entièrement décomposée. Si d'autre part on laisse l'oxyhémoglobine en contact avec le sulfure pendant *vingt heures* sans agiter le

liquide, il est possible de provoquer de nouveau les phénomènes d'oxydation et de réduction. Ces faits démontrent que la destruction du pigment sanguin est due surtout aux produits de la réaction. L'influence de la température sur la réduction de l'oxyhémoglobine est considérable. Les temps de réduction observés par moi pour des expériences poursuivies dans des conditions identiques ont été de 35^m à 9°, de 18^m à 14°, de 6^m30^s à 21°, de 3^m à 28°, de 0^m45^s à 35°.

Ewald ([1]) ayant remarqué que l'adjonction à l'oxyhémoglobine de la catalase du sang favorise la réduction du pigment sanguin par le sulfure d'ammonium, attribua cette action favorisante à cet enzyme. Reprenant ces expériences, j'ai pu me convaincre que la catalase n'est pour rien dans ce phénomène de réduction qui est dû en réalité à des corps qui accompagnent la catalase; ce qui le prouve, c'est que même après ébullition le liquide conserve ses propriétés activantes. La matière activante traverse d'ailleurs aussi sans perte les filtres en porcelaine. J'ai pu constater en outre la présence de substances activantes analogues dans un grand nombre d'extraits animaux et végétaux. C'est ainsi que j'ai pu obtenir des réductions plus ou moins rapides avec du sérum de lait, avec des macérations bouillies et filtrées de divers fromages, de malt, de haricots, de levure, etc. La vitesse de réduction peut varier du double au quintuple suivant qu'on s'adresse à l'extrait globulaire du sang ou à une macération de roquefort.

L'adjonction de ces diverses substances au sulfure d'ammonium a pour effet non seulement de hâter la réduction de l'oxyhémoglobine, mais elle peut encore exalter chez le pigment sanguin la faculté de céder et de fixer de l'oxygène; j'ai vu ainsi passer de 25 à 60 et au delà le nombre des réductions et oxydations successives de l'oxyhémoglobine.

Dans tous ces phénomènes, l'agent réducteur nécessaire est le sulfure d'ammonium, mais je suis arrivé, en l'absence de ce corps, à produire des effets analogues à l'aide des mêmes macérations en employant des cellules vivantes, et à provoquer ainsi une véritable respiration artificielle ([2]).

([1]) Ewald, *Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiologie*, 1907, p. 116.

([2]) P. Schutzenberger, dans une Note aux *Comptes rendus* (t. 78, 1874, p. 971), a décrit une très belle expérience, où il reproduit *in vitro*, avec un mélange de sang et de levure, une véritable respiration artificielle. Je me propose de faire une étude comparative de la réduction de l'oxyhémoglobine par diverses races de levure.

M. Marino, que j'avais mis au courant de ma technique opératoire, a fait des observations très intéressantes sur le pouvoir réducteur des microbes de l'air et de la péripneumonie.

Lorsqu'on abandonne à elle-même à 30° une macération de roquefort filtrée, elle se peuple rapidement d'une flore microbienne nombreuse. Si l'on ajoute quelques gouttes d'une solution d'oxyhémoglobine cristallisée à cette culture, on observe une réduction rapide de la matière colorante du sang, et l'on peut obtenir par ce moyen une succession de phénomènes respiratoires qui diffèrent de ceux observés avec le sulfure en ce qu'on peut les reproduire presque indéfiniment sans que l'oxyhémoglobine s'altère. Le liquide séparé des microbes par filtration sur bougie est incapable de réduire seul l'oxyhémoglobine.

Avec le concours de M. Ruau, j'ai pu isoler de la culture primitive des bactéries appartenant au genre *coccus*. Les microbes, d'abord très actifs dans leur milieu de culture, perdent complètement leur pouvoir réducteur vis-à-vis de l'oxyhémoglobine si on les lave plusieurs fois à l'eau distillée par centrifugation (même après 24 heures de contact, on n'observe aucune réduction). Si, d'autre part, on ajoute au mélange d'oxyhémoglobine et de microbes lavés inactifs une macération étendue et stérile de fromage, de malt ou de haricots, on observe une réduction rapide du pigment sanguin. La rapidité de la réduction croît ici, comme dans le cas du sulfure, avec la température. Dans une expérience, j'ai obtenu des réductions en 3^m à 23° et en $1^m 30^s$ à 35°. Ailleurs, j'ai observé des réductions en 10^m à 19°, en 6^m à 23°, en 3^m à 35°.

Il est intéressant de voir chez ces microbes une relation aussi intime entre les fonctions respiratoires et les fonctions nutritives.

Il est non moins curieux de constater que l'apport de la matière nutritive s'accompagne de l'apparition immédiate de la fonction respiratoire.

D'autre part, quand on rapproche de ces phénomènes ceux que j'ai signalés plus haut à propos du sulfure d'ammonium, on ne peut s'empêcher de leur trouver une similitude singulière.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les ferments solubles du cerveau.* Note de M. AUGUSTIN WRÓBLEWSKI, présentée par M. ROUX.

Mes recherches préliminaires ont montré la présence dans le cerveau de *catalase*, *peroxydase*, *lipase*, *amylase*, et des enzymes, qui dédoublent l'*arbutine* et le *salol*.

J'ai employé les cerveaux de l'homme, du porc, du mouton, du veau, du chien et du cheval, et j'ai fait aussi des observations séparément avec la substance blanche et avec la substance grise du cerveau.

La masse du cerveau tout à fait fraîche, débarrassée des membranes, est broyée dans un mortier, passée à travers une toile demi-épaisse; ce qui passe au travers est broyé à nouveau avec deux volumes d'eau. La masse est additionnée d'un peu d'essence de moutarde comme antiseptique, lorsque cela était possible. Les échantillons sont mis à la température de 37° C. et jugés par comparaison avec des témoins.

Catalase. — En ajoutant à la bouillie de cerveau un demi-volume d'eau oxygénée à 10 volumes, il se produit une réaction tumultueuse. La bouillie du cerveau humain, desséchée dans le vide, donne, après 2 mois, la même réaction.

La filtration de cette bouillie, à travers la bougie Chamberland, donne au début un liquide possédant des propriétés faiblement catalytiques; le liquide, qui filtre ensuite, est dépourvu de ces propriétés. Une bouillie de cerveau additionnée du $\frac{1}{7}$ de son volume de solution saturée de NaCl est filtrée sur papier, ce filtrat décompose très faiblement l'eau oxygénée. L'addition d'acide acétique à la bouillie cérébrale ne détruit pas le pouvoir catalytique du filtrat et le résidu resté sur le filtre agit fortement. La réaction de la bouillie cérébrale avant le traitement par CH^3COOH correspondait à $0^{cm^3},6$ d'acide $\frac{N}{10}$ pour 10^{cm^3} de bouillie, et après le traitement par CH^3COOH à $1^{cm^3},2$ d'acide $\frac{N}{10}$ pour 10^{cm^3} de bouillie. Nous voyons donc que la réaction acide ne détruit pas complètement la catalase.

Peroxydase. — Les recherches des oxydases, de la laccase, de la tyrosinase, au moyen du gaïac, de l'hydroquinone, du pyrogallol, du gaïacol, de la tyrosine et du para ou ortho-crésol, ont donné dans les 15 cerveaux étudiés un résultat négatif.

L'emploi du gaïac, de l'hydroquinone, du pyrogallol et parfois du gaïacol, conjointement avec l'eau oxygénée, dénote dans tous les cas la présence de petites quantités de peroxydase. J'ai obtenu des résultats positifs avec ces réactifs, surtout avec l'hydroquinone et le pyrogallol, en employant des fragments de cerveau complètement dépourvus de sang, ce qui s'obtient facilement avec la substance blanche du cerveau.

Après avoir traité la bouillie par NaCl ou CH^3COOH, j'ai trouvé les mêmes manifestations qu'avec la catalase.

Lipase. — A. Pagenstecher a démontré l'existence de la lipase dans le cerveau. J'ai de mon côté étudié dans 20 séries d'épreuves quelques-unes des propriétés de ce ferment.

Après avoir traité le cerveau par NaCl ou CH^3COOH, on trouve de la lipase dans le filtrat.

	Quantité de soude $\frac{N}{10}$ en centimètres cubes nécessaire pour neutraliser.	
	Après 1m.	Après 24h.
5cm³ filtrat acide + lécithine.......	1,2	1,45
5cm³ le même + monobutyrine......	1,15	1,22

Mais les nombreuses épreuves montrent que la réaction acide diminue l'action du ferment. Au contraire, les phosphates mixtes (mono- et dibasiques) favorisent l'action.

	Quantité de NaOH $\frac{N}{10}$ en centimètres cubes employée pour neutraliser.			
Bouillie du cerveau.	Après 1m.	Après 24h.	Après 48h.	Après 60h.
5cm³ + monobutyrine..............	0,3	2,58	3,28	3,88
5cm³ + monobutyrine + 0cm³,15 phosphates mixtes..................	0,62	3,12	4,12	5,12

Dans toutes ces expériences, je me suis assuré qu'il n'y avait pas de développement notable de bactéries.

Les cerveaux ont, en général, une réaction amphotère, les uns plus acides qu'alcalins, les autres plus alcalins qu'acides. La présence des phosphates libres ou faiblement combinés à des matières organiques a été recherchée au moyen de la soude dans le liquide de filtration de la bouillie sur bougie Chamberland. Ces phosphates protègent le protoplasma contre les effets des changements éventuels de la réaction de la cellule, ainsi que je l'ai déjà montré et expliqué en 1900 (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*).

Je n'ai pas décelé de lipase dans le filtrat sur bougie Chamberland.

Dans ces expériences, j'ai eu l'occasion de remarquer une cause d'erreur négligée généralement dans les recherches sur la lipase. Pour évaluer la quantité d'acides gras en prenant la phénolphtaléine comme indicateur, on ajoute souvent de l'alcool pour maintenir les acides gras en solution. J'ai constaté dans de nombreux dosages par la soude, que la coloration rouge violet disparaît au moment de l'addition de l'alcool, lorsque la solution étudiée contient certains sels, par exemple : phosphates, sels de calcium, de magnésium, de manganèse. Il faut donc faire ces dosages sans employer d'alcool ou avec les mêmes quantités d'alcool dans tous les échantillons.

Amylase. — En faisant agir pendant 24 heures à 37° la bouillie de cerveau sur un volume égal d'amidon soluble à 2 pour 100, ou à 1 pour 100, j'ai toujours constaté une réaction marquée d'érythrodextrine dans le filtrat, qui réduisait la liqueur de Fehling, parfois très forte; mais parfois il ne la réduisait pas.

Le ferment amylolytique sert probablement dans le cerveau à dédoubler le glycogène, qui s'y trouve parfois. Lorsqu'on ajoute du glycogène à la bouillie cérébrale, au bout d'un certain temps, il est impossible de le mettre en évidence au moyen de l'iode.

Les glycosides, tels que la salicine, l'amygdaline et la saponine ne sont pas dédoublées, mais l'*arbutine* subit facilement un dédoublement.

J'ai constaté que le *salol*, mis en présence de la bouillie cérébrale, donne de l'acide salicylique, tandis que la réaction ne se produit pas avec la matière cérébrale chauffée. La saligénine n'a subi aucune modification.

La recherche des *ferments protéolyptiques* par la méthode de Grützner et de Mett m'a donné des résultats négatifs; il en est de même pour le ferment coagulant le lait, pour l'inulase et pour l'*invertine*. Ces résultats négatifs ne prouvent pas l'absence absolue de certains enzymes. Peut-être seront-ils mis en évidence dans d'autres conditions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du zinc et du manganèse sur la composition minérale de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Javillier**, présentée par M. L. Maquenne.

Nous avons démontré, en opérant sur l'*Aspergillus niger*, que l'on provoque, en ajoutant à la fois du zinc et du manganèse au milieu de culture, des récoltes plus grandes encore que par l'addition d'un seul de ces métaux (¹).

Nous nous sommes demandé si, dans cette circonstance particulièrement favorable, le zinc et le manganèse agissent réciproquement sur leur fixation par la moisissure et, s'il en est ainsi, dans quel sens a lieu le phénomène. Nous pouvions nous attendre à une fixation plus grande de chaque métal, mais une substitution partielle n'était pas non plus théoriquement impossible.

Pour résoudre ce problème, dont on entrevoit aisément la portée générale, nous avons d'abord étudié la fixation du manganèse. Étant donnée la possibilité de doser ce métal à partir du millième de milligramme (²), il était, en effet, plus facile d'aborder le problème de ce côté.

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 900.

(²) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. IX, 1911, p. 361.

Voici les résultats obtenus dans plusieurs expériences avec des cultures additionnées soit de manganèse seul, soit de manganèse et de zinc :

	Volume du milieu.	Poids de Zn introduit.	Dilutions du zinc.	Poids de Mn introduit.	Dilutions du Mn.	Poids secs des récoltes.	Poids de Mn fixé.	Mn fixé pour 100 de matière sèche.
	cc	mg		mg		g	mg	
1.	100	0,004	$\frac{1}{25000000}$	0		1,09		
	100	0		4	$\frac{1}{25000}$	0,82	0,052	0,0063
	100	0,004	$\frac{1}{25000000}$	4	$\frac{1}{25000}$	1,16	0,090	0,0078
2.	100	0,01	$\frac{1}{10000000}$	0		1,11		
	100	0		10	$\frac{1}{10000}$	0,78	0,115	0,0148
	100	0,01	$\frac{1}{10000000}$	10	$\frac{1}{10000}$	1,13	0,225	0,0199
3.	250	0,5	$\frac{1}{500000}$	0		2,53		
	250	0		25	$\frac{1}{10000}$	2,38	0,190	0,0080
	250	0,5	$\frac{1}{500000}$	25	$\frac{1}{10000}$	2,98	0,560	0,0186
4.	250	2,5	$\frac{1}{100000}$	0		2,23		
	250	0		50	$\frac{1}{5000}$	1,42	0,280	0,0197
	250	2,5	$\frac{1}{100000}$	50	$\frac{1}{5000}$	2,38	0,475	0,0199
5.	500	0,02	$\frac{1}{25000000}$	0		4,54		
	500	0		20	$\frac{1}{25000}$	3,54	0,180	0,0050
	500	0,02	$\frac{1}{25000000}$	20	$\frac{1}{25000}$	4,77	0,300	0,0062
6.	500	0,05	$\frac{1}{10000000}$	0		5,21		
	500	0		50	$\frac{1}{10000}$	3,81	0,340	0,0088
	500	0,05	$\frac{1}{10000000}$	50	$\frac{1}{10000}$	5,68	1,100	0,0194

Ces résultats montrent que *le manganèse s'accumule en proportion plus élevée lorsqu'il est associé au zinc que lorsqu'il est isolé.*

Ce phénomène ne doit pas, cependant, être considéré comme absolument général : évident lorsque les doses de zinc et de manganèse introduites dans le milieu de culture sont très petites, il perd de sa netteté lorsque les doses d'éléments catalytiques s'élèvent. Ainsi, dans l'expérience 4, où la dose de manganèse atteint $\frac{1}{5000}$ et celle du zinc $\frac{1}{100000}$, la proportion de manganèse fixée reste, en présence de zinc, sensiblement la même qu'en l'absence de ce métal. Il est utile de remarquer que dans le cas des milieux naturels, ne renfermant jamais que des traces de manganèse et de zinc, la conclusion formulée plus haut est entièrement applicable.

Nous nous sommes préoccupés, en second lieu, de rechercher si, comme il était vraisemblable, un phénomène du même ordre se produisait avec le zinc. Mais les *doses utiles* de cet élément sont tellement petites qu'elles ne se prêtent guère à des déterminations quantitatives exactes. Dans la majorité de nos expériences, nous avons dû nous contenter de vérifier que

le zinc était présent dans les récoltes obtenues avec les milieux additionnés de zinc et de manganèse comme dans les récoltes privées de ce dernier élément. Dans l'expérience 4, où un dosage précis était possible, nous avons trouvé :

	Zinc fixé par récolte.	Zinc fixé pour 100 de matière sèche.
En présence de zinc seul	$0^{mg},55$	$0^{mg},024$
En présence de zinc et de manganèse.	$0^{mg},51$	$0^{mg},021$

Le zinc est donc fixé par la moisissure, en la présence comme en l'absence du manganèse ; mais, dans l'expérience considérée, le phénomène de fixation supplémentaire ne s'est pas manifesté. Si l'on remarque que la dose de zinc alors employée était relativement grande, on est conduit à admettre que nous avions sans doute atteint la zone signalée à propos du manganèse, où le phénomème d'accumulation cesse d'être observable.

Ce n'est pas seulement sur leur fixation réciproque qu'influent les deux éléments catalytiques ajoutés au milieu de culture, *c'est aussi sur la fixation globale des éléments minéraux*.

Déjà le zinc seul et le manganèse seul suffisent à accroître la minéralisation totale de la plante (¹); mais cette accumulation de matière minérale est sensiblement augmentée lorsque de petites quantités de zinc et de manganèse interviennent à la fois. Voici, à l'appui de cette proposition, quelques dosages de cendres :

Numéros des expériences.	Proportion de cendres pour 100 de mycélium sec obtenu — en l'absence de Zn et Mn.	en présence de Zn.	en présence de Mn.	en présence de Zn et Mn.
1........	3,25	($\frac{1}{25000000}$ Zn) 3,37	($\frac{1}{25000}$ Mn) 3,39	3,61
2........	3,25	($\frac{1}{10000000}$ Zn) 3,80	($\frac{1}{10000}$ Mn) 3,47	3,63
4........	3,65	($\frac{1}{100000}$ Zn) 3,71	($\frac{1}{5000}$ Mn) 3,89	4,30
7........	3,25	($\frac{1}{1000000}$ Zn) 3,78		
8........	3,29	($\frac{1}{100000}$ Zn) 3,42		
9........	2,95		($\frac{1}{10000}$ Mn) 3,10	
10........	3,70		($\frac{1}{100000}$ Mn) 3,80	
11........	3,72		($\frac{1}{1000}$ Mn) 3,81	

Les observations que nous venons de rapporter doivent avoir une portée

(¹) Chez les plantes supérieures, l'augmentation des cendres sous l'influence du manganèse, ajouté au sol comme engrais, a déjà été observée sur l'avoine par Gab. Bertrand (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1255) et sur le lupin par Passerini (*Boll. Ist. agr. Scandici*, 1905, p. 3).

générale, elles se renouvelleront sans doute avec d'autres éléments que le zinc et le manganèse, avec des végétaux plus élevés en organisation que l'*Aspergillus niger*.

En outre de leur intérêt pratique, elles tendent à montrer que le zinc et le manganèse ne sont pas de simples excitants énergétiques du protoplasma. En relations quantitatives aussi étroites avec l'ensemble des matériaux dont la plante se compose, le zinc et le manganèse ne peuvent être que des éléments actifs, que des intermédiaires indispensables aux transformations chimiques dont la cellule vivante est le siège.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'importance physiologique du manganèse et de l'aluminium dans la cellule végétale.* Note de M. **Jules Stoklasa**, présentée par M. L. Maquenne.

Ce sont les travaux classiques de M. Gabriel Bertrand [1] qui ont porté notre attention sur l'importance de la fonction physiologique du manganèse dans la cellule végétale. Ces travaux ont démontré qu'on peut augmenter la production végétale en ajoutant du manganèse dans le milieu nutritif.

Il est intéressant de voir que tous les végétaux qui contiennent une certaine quantité de manganèse contiennent toujours aussi de l'aluminium, par exemple : le lycopode, le thé, le houblon de Bohême, *Abies excelsa*, *Pinus sylvestris*, *Armeria maritima*, *Crenothrix ochracea*, *Crenothrix manganifera*, etc.

Nous avons étudié l'effet de l'aluminium et du manganèse sur le développement des végétaux par trois sortes de cultures : 1° dans des solutions aqueuses; 2° dans des caisses de végétation et 3° dans des champs d'expériences.

Les résultats de nos observations de cultures dans les solutions aqueuses et dans les caisses de végétation ont montré que :

$\frac{3}{1000}$ et même déjà $\frac{2}{1000}$ du poids atomique en grammes du manganèse, c'est-à-dire respectivement $0^g,1648$ et $0^g,1099$ de Mn, et que :

$\frac{3}{1000}$ et même déjà $\frac{2}{1000}$ du poids atomique en grammes de l'aluminium, c'est-à-dire respectivement $0^g,0713$ et $0^g,0542$ de Al, sous forme de sulfates, de chlorures ou de nitrates, dans un litre de solution nutritive, exercent une action toxique sur les plantes qui nous ont servi : le froment, l'orge, le seigle, le maïs, le sarrazin, l'avoine, le pois, etc., et en gênent plus ou moins le développement.

---

(1) Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, 1894, 1897, p. 1035 et 1355; 1905, etc.

Mais ils ont aussi montré que $\frac{1}{1000}$ seulement du poids atomique en grammes du manganèse ou de l'aluminium dans un litre de solution nutritive déterminent une augmentation sensible de la production végétale, par rapport aux cultures dans la solution nutritive témoin.

La solution nutritive fondamentale dans laquelle nous avons opéré contenait par litre :

K^2SO^4	1 g
$MgCl^2$ cristallisé	0,5
$NaNO^3$	0,5
$FeSO^4$	0,01
$CaSiO^3$	0,5

Dans les séries particulières, comprenant chacune dix éprouvettes de culture, nous avons ajouté le manganèse et l'aluminium à l'état de sulfates, de chlorures ou de nitrates, en quantités suivantes, par litre de solution :

Mn	$\frac{1}{1000}$ du poids atomique, soit	0,05493 g
Mn	$\frac{1}{2000}$ »	0,02747
Al	$\frac{1}{1000}$ »	0,0271
Al	$\frac{1}{2000}$ »	0,0136

Les phosphates solubles n'ont pas été ajoutés à la solution nutritive, parce qu'alors le manganèse aurait précipité. Les expériences ont été disposées de telle sorte que les plantes étaient plongées alternativement, de 24 heures en 24 heures, dans une solution contenant, par litre, $0^g,32$ de P^2O^5 sous forme de $CaH^4(PO^4)^2H^2O$ et $0^g,13$ de N sous forme de $Ca(NO^3)^2$, afin que le P^2O^5 puisse être assimilé.

Le Tableau ci-dessous représente seulement les expériences avec les sulfates de manganèse et d'aluminium. Les plantes ont été séchées à + 105° jusqu'à poids constant. La période de végétation a été de 72 jours.

Poids de 10 plantes, en grammes.

Mn ou Al dans 1l.	*Triticum vulgare.*	*Secale cereale.*	*Avena sativa.*	*Hordeum distichum.*	*Polygonum fagopyrum.*
0 (témoin)	53,86	78,84	66,23	62,35	15,88
$\frac{1}{1000}$ d'atome de Mn	55,97	82,11	68,60	68,84	20,34
$\frac{1}{1000}$ d'atome de Al	56,08	80,92	68,00	67,13	20,20
$\frac{1}{1000}$ d'atome de Mn et de Al	50,07	65,20	60,90	61,30	11,80
$\frac{1}{2000}$ d'atome de Mn	62,83	86,03	70,04	75,27	21,47
$\frac{1}{2000}$ d'atome de Al	59,84	85,86	71,32	72,86	21,12
$\frac{1}{2000}$ d'atome de Mn et de Al	82,12	93,64	78,52	89,44	26,48

Ces expériences montrent clairement que $\frac{1}{1000}$ du poids atomique en grammes de l'aluminium ou du manganèse dans un litre de solution nutritive augmente sensiblement la production végétale : mais que, lorsque les deux éléments sont introduits à la fois dans cette proportion, il y a diminution de développement des plantes.

Si l'on emploie l'aluminium ou le manganèse aux doses de $\frac{1}{2000}$ seulement du poids atomique, on obtient de meilleurs résultats. Les plus grandes récoltes ont été observées, pour toutes les plantes, quand le manganèse et l'aluminium ont été employés ensemble aux doses de $\frac{1}{2000}$ du poids atomique en grammes de chacun d'eux. L'augmentation de la production végétale était alors étonnante.

Nous avons obtenu des résultats semblables en nous servant du chlorure et du nitrate de manganèse.

En vue du dosage des éléments fixés, nous avons arrangé des expériences particulières. L'analyse des plantes a montré que dans les milieux nutritifs où il y avait seulement du manganèse ou de l'aluminium, jamais ni l'un ni l'autre de ces éléments n'a été assimilé en aussi grande quantité que dans le milieu où se trouvaient à la fois les deux éléments.

1° Dans la solution à $\frac{1}{2000}$ du poids atomique de Al, 100^g de *Triticum vulgare* sec contenaient $0^g,0012$ de Al.

2° Dans la solution à $\frac{1}{2000}$ du poids atomique de Mn, 100^g de *Triticum vulgare* sec contenaient $0^g,0022$ de Mn.

3° Et dans la solution à $\frac{1}{2000}$ du poids atomique de Al et de Mn, 100^g de *Triticum vulgare* sec contenaient $0^g,0024$ de Al et $0^g,0058$ de Mn.

Les expériences physiologiques nous ont montré que, de tous les organes, ce sont les feuilles qui renferment les plus grandes quantités d'aluminium et de manganèse.

L'aluminium et le manganèse sont doués sans doute d'une fonction particulière dans les processus d'assimilation et de désassimilation et, comme nos expériences nous l'indiquent, la possibilité n'est pas exclue qu'ils jouent aussi un rôle important dans la photosynthèse.

Ajoutons enfin que des expériences récentes établissent que le houblon a besoin de manganèse et d'aluminium pour prospérer heureusement. Les analyses chimiques démontrent que les excellentes espèces de houblon contiennent toujours plus de manganèse et d'aluminium que les mauvaises. Aussi emploie-t-on maintenant, en Bohême, dans la pratique agricole, le manganosuperphosphate pour améliorer la qualité du houblon.

ENTOMOLOGIE. — *Pourcentages et qualités des peaux attaquées par les larves de l'Hypoderme du bœuf dans la région lyonnaise.* Note de MM. **N. Lehmann** et **C. Vaney**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La réception des cuirs frais de la boucherie lyonnaise a permis à l'un de nous d'enregistrer, depuis 1896, tous les rabais occasionnés par les larves d'Hypoderme du bœuf ou *varrons*. Il nous a été possible de rechercher, sur les livres de commerce, la quantité totale de cuirs reçus, le nombre de peaux varronnées et l'importance des réfactions effectuées. A l'aide de ces relevés, nous avons pu établir les pourcentages mensuels de peaux varronnées pour une période de trois années consécutives (1908, 1909 et 1910), *en ne tenant compte que des peaux de pays.*

Nous examinerons, en premier lieu, les variations des pourcentages au cours d'une même année. Le Tableau suivant nous indique, pour chaque mois de l'année 1909, le pourcentage des peaux de pays varronnées de la boucherie lyonnaise :

	Pour 100.		Pour 100.		Pour 100.
Janvier......	0,27	Mai........	7,67	Septembre...	3,34
Février......	0,91	Juin........	11,98	Octobre......	0,73
Mars........	2,82	Juillet......	14,53	Novembre....	0,36
Avril........	7,81	Août.......	7,94	Décembre....	0,23

Ces nombres montrent qu'il y a des peaux varronnées pendant toute l'année ; mais nous rappelons que, de septembre à décembre et de janvier à mars, les varrons observés sont ou des larves retardataires commençant à dégénérer ou des restes larvaires. Les larves vivantes et sédentaires, capables d'évoluer en Hypodermes adultes, font leur apparition sous la peau de nos bêtes de pays, d'avril en mai. A cette époque de l'année 1909, le pourcentage des Bovidés varronnés abattus a été de 7,81 à 7,62 pour 100. De juin à août, les varrons sont localisés en grand nombre sous la peau; les pourcentages de peaux varronnées sont surtout considérables en juin et juillet, et offrent un maximum en juillet 1909, où le taux des bêtes atteintes s'élève à 14,53 pour 100. C'est pendant juin et juillet que les varrons causent les plus grands dégâts, s'évaluant pour chaque mois, à plus de 200^{kg} de cuir frais pour 100 peaux. Pour l'année 1909, la courbe des pourcentages de peaux varronnées a peu de rapport avec celle des températures moyennes.

Les pourcentages restent sensiblement les mêmes d'avril en mai, tandis que la température moyenne s'élève à cette époque de 12°,1 à 15°,3; de plus, le maximum des peaux varronnées se présente en juillet, alors que le maximum des températures moyennes est en août avec 19°,1. Par suite de la sortie d'un grand nombre de larves et d'un début de cicatrisation, on ne trouve plus, en août 1909, que 7,94 pour 100 de peaux varronnées. C'est pendant ce mois le plus chaud de l'année que s'effectue la ponte, car, d'après les données de Réaumur (1738), de Joly (1844) et de Vaney (1910), la sortie des larves d'Hypoderme s'effectue, en France, de juin à juillet, et l'éclosion des mouches a lieu de juillet à août. En 1909, la pupation et l'essaimage se sont effectués à une température moyenne comprise entre 18° et 21°.

De mars à juin, c'est-à-dire à une époque où n'existe aucun Hypoderme adulte, nous constatons une progression des pourcentages mensuels de peaux varronnées et une augmentation des dégâts commis par les larves d'Hypoderme. Ces faits ne peuvent s'expliquer que par une migration des formes larvaires de l'intérieur des viscères vers le tissu sous-cutané de leur hôte.

En examinant attentivement les peaux fraîches reçues aux abattoirs de Lyon, pendant les premiers mois de l'année 1911, nous avons observé que les larves migratrices sont arrivées sous le derme à la fin du mois de mars, en avril et même en mai. Peut-être y a t-il une relation entre cette époque d'apparition et la période des chaudes journées du printemps.

En arrivant sous la peau, les larves sont très transparentes et, par suite, souvent inaperçues aux réceptions de cuirs. Certaines de ces larves ont près de 20^{mm} de longueur; elles sont identiques aux grandes formes larvaires que l'un de nous a trouvées, soit dans l'œsophage, soit dans les méninges de la moelle épinière. Une de ces larves transparentes a été recueillie à la surface du tissu sous-cutané; elle n'avait pas encore perforé le derme. Ces diverses constatations prouvent que les larves arrivent bien des régions profondes du corps de l'hôte.

Nous avons, maintenant, tout un ensemble de faits qui démontrent la pénétration des larves d'Hypoderme par la voie digestive. Parmi les principaux, nous signalons :

1° La localisation exclusive, en hiver, des très jeunes stades larvaires dans le tissu sous-muqueux de la portion antérieure du tube digestif;

2° L'accroissement de ces larves dans la région œsophagienne;

3° La découverte, en février-mars, de larves plus développées dans les enveloppes de la moelle épinière et dans le tissu sous-cutané de peaux non trouées;

4° La quantité de plus en plus grande de larves sédentaires trouvées, sous la peau, de mai en juillet.

Les partisans de la pénétration par la voie cutanée ont souvent invoqué, à l'appui de leur opinion, le fait que les larves d'Hypoderme se trouvent de préférence sur les Bovidés à peau fine. Nos statistiques nous permettent le contrôle de cette affirmation ; car les peaux fraîches sont soumises à un classement basé sur leur poids et sur leur épaisseur.

Les peaux présentant une très grande surface comparativement à leur poids, et par suite minces, sont désignées commercialement sous le nom de *cuirs plats*, et l'on réserve le nom de *cuirs ronds* à des peaux épaisses, surtout vers la région dorsale, c'est-à-dire dans les parties où les varrons se localisent.

En juin 1910, sur 259 peaux varronnées, nous trouvons :

40 cuirs frais de bœufs, dont 4 ronds et 36 plats,
et 219 cuirs frais de vache, dont 143 ronds et 76 plats.

En juillet 1910, sur 226 peaux varronnées, nous trouvons :

31 cuirs frais de bœuf, dont 6 ronds et 25 plats,
et 195 cuirs frais de vache, dont 131 ronds et 64 plats.

Cette statistique, quoique basée sur un petit nombre de peaux de bœufs, indique que les bœufs à peau mince sont plus varronnés que les bœufs à peau épaisse ; par contre, elle nous montre que les vaches à peau épaisse sont plus varronnées que les vaches à peau mince. Il semble, par suite, qu'il n'y ait aucune relation entre l'épaisseur de la peau et la présence plus ou moins grande de larves d'Hypoderme.

On trouve des peaux varronnées de toutes natures et, pour les vaches, il y a une prépondérance très marquée des peaux épaisses. Or, la majeure partie de ces peaux épaisses proviennent des génisses, tandis que les vaches, dont les flancs ont été distendus pendant la gestation, fournissent surtout des peaux minces. La fréquence des varrons paraît plutôt en relation avec l'âge des Bovidés.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le dédoublement segmentaire chez les Myriopodes.* Note de M. **Jules Chalande**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En suivant le développement post-embryonnaire des Chilopodes anamorphes, on assiste au dédoublement successif des nouveaux segments. A chaque stade de développement un nouvel anneau naît entre le pénultième

et l'anal; peu après, 2 paires de pattes apparaissent; puis l'anneau se divise en 2 segments.

Chez les Diplopodes les segments thoraciques sont seuls simples. Tous les autres anneaux révèlent par leur organisation leur dualité, et présentent 2 paires de pattes, 2 paires de stigmates et 2 ganglions nerveux; on observe cependant une ébauche de dédoublement segmentaire chez les *Glomeris*: à chaque stade de développement un nouvel anneau prend naissance entre le pénultième et l'anal, puis au stade suivant il y a dédoublement des lames ventrales.

Si le dédoublement segmentaire existe partiellement, ou plus ou moins complètement, chez tous les Myriopodes, *chez les Chilopodes et les Symphyles, il semble tendre à augmenter, à mesure qu'on se rapproche de la forme Scolopendra.*

Premier type. — *Symphyles.* — Les doubles somites se sont séparés, chaque segment présente un seul ganglion nerveux; mais on remarque déjà que plusieurs scutelles dorsales se sont divisées en 2 tergites.

Deuxième type. — *Geophilidæ.* — Le dédoublement segmentaire s'est opéré, chaque segment est pourvu, comme la moitié d'un anneau de Diplopode, d'un ganglion nerveux, d'une paire de pattes et d'une paire de stigmates, mais la scutelle dorsale, qui devrait être simple, s'est divisée en 2 sclérites : l'un de grande dimension, le *tergite*, qui surplombe les stigmates, l'autre le *pré-tergite*, très réduit. On se trouve ici à l'origine d'un nouveau dédoublement segmentaire, dont on a trouvé une première tentative chez les Symphyles.

Troisième type. — *Lithobiidæ.* — Les segments simples présentent chacun une paire de pattes et un ganglion nerveux, et sont alternativement pourvus d'une paire de stigmates et d'une grande scutelle dorsale, homologue au tergite des *Geophilidæ*, ou dépourvus de stigmates et recouverts d'une courte scutelle, homologue au pré-tergite de ces derniers. Le segment simple, issu du dédoublement de l'anneau primitif type des Diplopodes, a subi un nouveau dédoublement dont nous voyons l'ébauche dans le type *Geophilidæ.* Dans le pré-segment s'est formé un nouveau ganglion nerveux et une nouvelle paire de pattes, mais les stigmates font encore défaut. Le développement s'est arrêté et fixé avant leur apparition.

Quatrième type. — *Scolopendridæ.* — L'organisation est la même que chez les *Lithobiidæ*, mais l'évolution a poursuivi une nouvelle phase : le pré-segment s'est développé et la petite scutelle de *Lithobius*, homologue au pré-tergite de *Geophilus*, est devenue ici l'égale de sa congénère. Tous les segments sont presque égaux, mais l'évolution s'est également arrêtée et fixée avant l'apparition des stigmates dans le pré-segment.

On pourrait admettre, au lieu d'une marche progressive au dédoublement, une tendance inverse à la soudure des segments et considérer, par analogie, l'anneau double des Diplopodes comme issu de deux somites pri-

mitivement séparés; mais cette hypothèse ne peut être admise, puisqu'on assiste au contraire, chez les Chilopodes, au dédoublement complet des segments et chez les *Glomeris* (Diplopodes) au dédoublement partiel de leurs anneaux dans les lames ventrales.

ENTOMOLOGIE. — *Variations biologiques et morphologiques d'origine géographique chez le* Stomoxe mutin (Stomoxys calcitrans *L.*) *en Afrique tropicale*. Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La mouche piquante des écuries (*Stomoxys calcitrans* L.) est un Diptère remarquablement ubiquiste qui vit un peu sous tous les climats et sous toutes les latitudes. La facilité avec laquelle cet insecte s'accommode de conditions géographiques diverses laissait supposer de sa part des phénomènes de variation biologique de même ordre que ceux que j'ai essayé de mettre en évidence précédemment chez la mouche des bestiaux (*M. corvina* Fabr.) et chez les Glossines (¹).

En Europe, les conditions de vie du Stomoxe sont bien connues. La mouche vit au voisinage des écuries, pique l'homme et les animaux et dépose ses œufs uniquement dans les fumiers et dans les excréments frais des chevaux. J'ai recherché, au cours de mes missions en Afrique, si les conditions de vie de l'insecte se maintenaient les mêmes en pays tropical. Au Congo, dans la région équatoriale, et au Dahomey, dans la région côtière, les habitudes de la mouche ne sont point sensiblement modifiées, au moins pendant la saison pluvieuse. Le Stomoxe vit au voisinage des bestiaux et dépose ses œufs dans la terre souillée d'urine et de crottins, à l'ombre, dans les écuries ou les parcs à bœufs. Dans les régions où l'humidité atmosphérique est constamment élevée, l'insecte se rencontre toute l'année dans les mêmes conditions. Dans celles où les influences désertiques se font sentir en saison sèche, la mouche *disparaît* presque complètement pendant cette période; cependant l'humidité de l'air ne semble pas agir très sensiblement sur les mouches adultes qui résistent facilement à l'air sec et ne recherchent pas étroitement le bord des cours d'eau boisés comme la plupart des autres espèces. L'expérience m'a montré, d'autre part, que les larves du Stomoxe ne peuvent évoluer qu'en milieu constam-

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 16 janvier 1911, p. 158.

ment humide et où la température maxima ne dépasse guère 35° C. Ces conditions sont difficilement conservées dans les régions où, en saison sèche, l'état hygrométrique de l'air s'abaisse au-dessous de 15 pour 100 à certaines heures.

Tous les milieux où l'humidité n'est pas maintenue constante par des apports d'eau continus se desséchant très rapidement, il était permis d'en conclure que les Stomoxes disparaissent des écuries, dans les régions soumises aux influences soudaniennes, par suite de la défectuosité des lieux de ponte : les mouches émigrent pour rechercher des endroits de ponte où les larves n'aient point à redouter, pendant la durée relativement lente de leur évolution (3 semaines), une dessiccation trop rapide et une température trop élevée du milieu. En fait, j'ai vainement recherché les larves des Stomoxes, en région soudanienne du Dahomey, dans les fumiers des villages et les crottins même frais, déposés à l'ombre. Bien que les mouches adultes fussent abondantes sur les bestiaux, jamais je n'ai pu observer la ponte de l'insecte dans les écuries ou les parcs à bestiaux, en saison sèche. Un voyage sur le Niger m'a seul permis de solutionner la question. J'ai pu reconnaître, chez les Stomoxes nigériens, redevenus abondants dans la région du fleuve, même en pleine saison sèche, une modification très remarquable des habitudes de ponte.

Les *Stomoxys calcitrans* du Soudan nigérien *abandonnent complètement pour pondre, en saison sèche au moins, l'intérieur des villages et les fumiers des écuries, pour déposer leurs œufs au bord immédiat du Niger, dans le sable constamment humide.*

C'est au voisinage du fleuve que les femelles prêtes à pondre se localisent. Elles se tiennent à l'ombre sur les brins d'herbe, sur les coques des embarcations, dans les cases voisines de l'eau. Pour pondre, elles recherchent les berges sablonneuses et dénudées, fréquentées par les indigènes ou les bestiaux ; elles déposent leurs œufs sur le sable humide, parmi les détritus végétaux et les ordures de toute espèce qui gisent au bord de l'eau, directement exposés aux ardeurs excessives du soleil. La nature du milieu nutritif où sont abandonnés les œufs est devenue *indifférente*. Si les fumiers font défaut, la ponte a lieu simplement dans le sable. Seule la zone de ponte est remarquablement définie : elle s'étend de $0^{m},50$ environ en arrière du niveau de l'eau à 1^{m} au plus de ce dernier.

Les mouches ne pondent jamais dans la terre argileuse, ni dans le sable mêlé de vase, non plus qu'au bord des mares et eaux stagnantes : c'est uniquement sur les bords sablonneux du fleuve que la ponte se produit.

Ce changement complet dans les habitudes de l'insecte fait du Stomoxe banal des écuries, coprophage a l'état larvaire, une mouche strictement fluviatile, polyphage à l'état de larve, au seuil des régions désertiques. Son existence larvaire se passe désormais avec celles des Anthomyiaires du genre *Lispa*, et de Dolichopodes divers, Diptères qui n'abandonnent jamais les bords des eaux et y déposent leurs œufs. A l'occasion d'ailleurs, ces insectes prédateurs deviennent des ennemis nouveaux pour les Stomoxes nigériens : ils font la chasse aux œufs et aux larves qu'ils rencontrent et les dévorent.

Si l'on considère, au point de vue physique, les conditions de ce nouveau milieu biologique, on voit qu'en fait il est le seul où puissent se trouver réalisées les conditions nécessaires à la vie des larves des Stomoxes. La température aux heures les plus chaudes ne s'y élève guère au-dessus de 35° en surface, pour s'abaisser à 24°-25°C. à quelques centimètres. L'intense évaporation produite sur une surface très perméable, directement exposée au plein soleil, détermine un abaissement thermique beaucoup plus accusé qu'il ne le serait dans les lieux ombragés.

La perméabilité du sol sablonneux assure, d'autre part, un certain degré d'humidité qui ne diminue que lentement avec la baisse des eaux, plus lente dans le Niger que dans les collections d'eaux stagnantes. On voit donc que les conditions physiques nécessaires à la vie des larves restent aussi favorables dans le milieu nigérien que dans les écuries ombragées de la zone tropicale.

Les mouches adultes, lorsqu'elles ne sont point en état de ponte, vivent sur les bestiaux et dans les habitations, à la manière habituelle; elles s'écartent souvent à une grande distance du fleuve, malgré l'intense sécheresse de l'air.

On peut déduire de ces données diverses la conclusion suivante : le *Stomoxys calcitrans*, susceptible à l'état adulte de s'adapter à des conditions climatiques diverses, notamment à une température élevée et à un faible degré hygrométrique, est inadaptable à l'état larvaire à de semblables conditions. Mais les adultes eux-mêmes modifient leurs habitudes de ponte et recherchent pour leurs larves des milieux différents suivant les nécessités imposées par les facteurs climatiques.

Dans la région soudanienne, voisine du Niger, la nécessité où sont les adultes de trouver pour leurs larves un milieu qui les abrite des influences désertiques, en saison sèche, entraîne la *migration* de ces mouches vers les rives du grand fleuve qui devient pour leurs larves, à la limite du désert, le seul foyer de vie possible.

Ces Stomoxes nigériens, adaptés à des conditions de vie différentes de celles de leurs congénères des régions toujours humides, représentent une *race géographique* spéciale (¹), mais qui ne se révèle à l'examen extérieur

(¹) Les larves des *Stomoxes nigériens* paraissent d'ailleurs susceptibles d'une résistance plus grande à l'action de la chaleur que celles des Stomoxes du Dahomey moyen. Elles ne sont pas tuées à 45°C. pendant 4 heures.

que chez les mâles. Les femelles restent identiquement semblables aux femelles *types* des diverses régions du globe. Seuls les mâles présentent un assombrissement particulier de l'abdomen avec disparition plus ou moins nette des taches caractéristiques de l'espèce. Les variations extérieures, qui pourraient déceler des modifications physiologiques importantes, sont encore ici tout à fait secondaires, par rapport aux modifications biologiques si curieuses de cette race.

ZOOLOGIE. — *Contribution à l'étude systématique des* Palinuridæ. Note de M. A. **Gruvel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'étude systématique des Langoustes, qui a été faite surtout par Pfeffer et Ortmann, est encore assez embrouillée par la création d'un certain nombre d'espèces déjà connues, mais dont les descriptions insuffisantes n'ont pas permis aux auteurs de les reconnaître, en l'absence des types.

La très belle collection de Palinurides existant au Muséum et les différents exemplaires que nous avons rapportés nous ont permis, croyons-nous, de mettre un peu d'ordre dans la classification de ces Crustacés.

Nous allons résumer ici le résultat de nos recherches, en attendant la publication du travail d'ensemble.

L'ensemble de la famille se divise en *six* genres bien distincts : *Puerulus* Ort.; *Palinurellus* v. Mart.; *Jasus* Parker; *Palinurus* Fabric.; *Linuparus* Gray; et *Panulirus* White.

1. Genre *Puerulus*. — Ce genre ne peut être retenu que pour la seule espèce connue à l'état adulte, *P. angulatus* Bate. Les autres espèces décrites ne sont, comme l'a montré aussi Calman, que des formes post-larvaires de Langoustes, connues ou non.

2. Genre *Palinurellus*. — Les deux espèces décrites : *P. Wienecki* de Man et *P. Gundlachi* v. Mart., bien qu'habitant, l'une l'océan Indien et l'autre les Antilles, nous paraissent être identiques; l'une ne serait qu'une variété de l'autre, exactement comme pour *Palinurus longimanus* M. Edw.

3. Genre *Jasus*. — Les trois espèces connues se réduisent, en réalité, à deux : *J. Lalandei* M. Edw., répandu dans tout l'hémisphère austral, et *J. Verreauxi* M. Edw. Le *J. Hugelii*, décrit par Heller (Haswell) plus récemment, se confond absolument avec le *J. Verreauxi* de M. Edwards.

4. Genre *Palinurus*. — Ce genre comprend trois espèces : *P. longimanus* M. Edw., dont le type appartient aux Antilles, mais dont une variété (?) identique par tous ses caractères, sauf, peut-être, la couleur, habite l'océan Indien; *P. vulgaris* Fabr., dont une variété, *mauritanicus*, A. Gruv. se rencontre sur la côte saharo-atlantique et enfin *P. truncatus* A. M. Edw., dont l'auteur avait d'abord fait un genre à part sous le nom de *Palinustus truncatus*. Les caractères différentiels ne nous paraissent pas suffisants pour enlever cette espèce du genre *Palinurus*.

5. Le genre *Linuparus* Gray = *Avus* Ortmann, ne contient qu'une seule forme bien caractéristique : *L. trigonus* de Haan.

6. Enfin le genre *Panulirus* Gray (White) = *Senex* Ortmann, renferme tous les Palinurides appartenant au groupe des *Langoustes longicornes* de M. Edwards. C'est de beaucoup le plus compliqué et le plus important en espèces, que nous avons ramenées à *douze*.

a. *P. japonicus*, de v. Siebold (de Haan), renferme deux variétés, l'une japonaise, correspondant au type, et une autre, plus occidentale, fortement tachetée, qui est celle décrite sous le nom de *longipes* M. Edw., *femoristriga* v. Mart., *marginatus* Quoy et Gaymard et même *guttatus* Pfeffer ;

b. *P. guttatus* Latr. Cette espèce appartient exclusivement à l'Atlantique. Elle est localisée sur la côte occidentale américaine (région des Antilles, côtes du Brésil et île Saint-Paul). Les formes décrites de l'océan Indien ont été confondues avec le *P. japonicus*.

Elle est identique à *P. spinosus* M. Edw., *P. echinatus* Smith, etc.;

c. *P. penicillatus* Oliv. M. Edw., très caractéristique.

d. *P. Burgeri* de Haan, très voisin du suivant, mais cependant distinct.

e. *P. dasypus* Latr. M. Edw., bien caractérisé.

f. *P. regius* Brito Cap. Cette espèce a été, depuis sa création, méconnue par les principaux zoologistes qui ont spécialement étudié les Langoustes, sauf par M. Bouvier. Très abondante sur toute la côte occidentale d'Afrique, du cap Barbas au sud de l'Angola, avec les îles du Cap-Vert.

Les jeunes, qui présentent des sillons sur les tergites abdominaux, ont été confondus avec le *P. guttatus*. Les *Puerulus atlanticus* Bouv. et *inermis* Pocock, ne sont que des formes post-larvaires de cette espèce (*Natant-stage*, de Boas);

g. *P. argus* Latr. Cette espèce est synonyme du *Pal. americanus* de Lamarck. Elle est tellement caractéristique que nous ne comprenons pas qu'elle ait pu être confondue avec aucune autre.

Il en est de même pour *P. interruptus* Randall = *P. gracilis* Streets qui se rencontre, avec le *P. inflatus* Bouv., sur les côtes de Californie.

h. Le *P. fasciatus* Fabr. (M. Edw.) est identique au *P. polyphagus* Herbst et a été confondu avec le *P. ornatus* par divers auteurs et, en particulier, par Ortmann. Cette espèce se distingue cependant de *P. ornatus* d'une façon très nette. A cause de cette confusion regrettable il est difficile de connaître, exactement, son aire de dispersion.

i. *P. inflatus* Bouvier. Cette espèce a été redécrite par Nobili sous le nom de *Palinurus Martensii*.

j. *P. lævicauda* Latr. (M. Edw.). Cette très ancienne espèce, assez mal décrite, il est vrai, a été méconnue par presque tous les auteurs, sauf par Moreira qui en a donné une description suffisamment complète. Elle a été également confondue avec *P. ornatus*, par Pocock et divers autres auteurs.

k. Enfin *P. ornatus* Fabr. (M. Edw.) est une des formes les plus répandues et les plus cosmopolites, mais certains auteurs ont cherché à la voir partout. En réalité, elle est *exclusivement* indo-pacifique, et tous ceux qui ont voulu la retrouver dans l'Atlantique l'ont confondue avec d'autres espèces. Elle tombe en synonymie avec *Pal. homarus* Herbst, *sulcatus* Lmk, *Pal. versicolor* Latr. et *tæniatus* Lmk qui ne constitue qu'une

variété = *decoratus* Heller. Cette espèce a été confondue par divers auteurs, avec *lævicauda*, et notamment, par Rathbun et Ortmann, avec *fasciatus*, etc.

Tels sont, rapidement résumés, les points essentiels intéressant la classification des Palinurides, d'après les recherches que nous venons de terminer.

ZOOLOGIE. — *Les corps adipo-lymphoïdes de quelques Batraciens.* Note de M. **Pierre Kennel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons voulu étudier, plus complètement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, ces corps jaunâtres, parfois digités, existant généralement chez les Batraciens au niveau de l'appareil génito-urinaire, et pour lesquels nous avons créé l'expression de *corps adipo-lymphoïdes.* Jusqu'à présent on attribuait à ces organes une seule fonction de réserve adipeuse; et à ce point de vue, deux écoles étaient en présence, l'une affirmant que cette réserve était simplement somatique, l'autre soutenant qu'elle intéressait uniquement l'appareil génital.

Nos expériences ont porté sur les genres *Rana*, *Bufo* et *Triton.*

L'étude morphologique et topographique que nous avons faite des corps adipo-lymphoïdes nous a montré qu'*ils sont une simple différenciation de la séreuse péritonéale, en vue de fonctions spéciales.*

L'épithélium péritonéal se retrouve en effet identique, à la surface de ces organes; d'autre part le système vasculaire appartient au même arbre et reconnaît la même origine que le système péritonéal (ce fait est surtout mis en évidence chez *Triton*); enfin nous avons rencontré des corps adipo-lymphoïdes monstrueux; les digitations, très nombreuses, se confondaient, déterminant un véritable lacis de filaments et se prolongeaient jusqu'au pancréas et jusqu'à la vessie. La substance adipo-lymphoïde avait entouré un nombre anormal de vaisseaux péritonéaux.

L'étude histologique, poursuivie d'après la méthode ordinaire des coupes en séries, a donné les résultats suivants :

1° Confirmation de la théorie précédente; les corps adipo-lymphoïdes sont constitués par un tissu conjonctif réticulé à mailles larges représentant une condensation péri-vasculaire de la séreuse péritonéale.

2° Les coupes faites dans les corps adipo-lymphoïdes, au moment de la phase de réserve adipeuse, allant de l'automne au printemps, montrent des mailles d'un diamètre moyen de 50^{μ}, uniquement bourrées de cellules adipeuses, plus nombreuses et serrées à la périphérie. On rencontre quelques hématies dans les vaisseaux et les lacunes; quelques éléments de la série

leucocytaire dans les mailles. A cette époque les corps adipo-lymphoïdes sont franchement jaunes, turgescents, et leur poids peut atteindre 1^g.

3° Sur les coupes faites après le fonctionnement de l'appareil génital (les corps ont alors un volume et un poids très réduits), les mailles ont 20^μ. On ne trouve presque plus de cellules adipeuses, par contre beaucoup d'éléments figurés; ce sont des leucocytes hyalins et de petits lymphocytes très nombreux, des mononucléaires et quelques granuleux neutrophiles et basophiles. Nous avons remarqué, chez *Bufo*, des éléments que nous n'avons pas pu identifier exactement; ils se colorent électivement comme les hématies et possèdent un ou deux petits noyaux de 2^μ : ce sont vraisemblablement des hématies primordiales à noyau atrophié. Mentionnons encore l'existence de plages constituées par des cellules à noyau de 15^μ, encapsulées dans une substance amorphe, qui nous paraissent être des zones sangui-formatrices.

A cette époque de l'année, la fonction de réserve adipeuse est suspendue et la seule fonction leucopoïétique a lieu; les éléments trouvent là un milieu relativement oxygéné, favorable à leur multiplication.

4° La méthode d'injections colorées nous a permis de constater que très probablement il n'existe pas de réseau de capillaires, les fines artérioles s'ouvrant directement dans des lacunes interconjonctives qui débouchent elles-mêmes dans les veinules.

La constitution des corps adipo-lymphoïdes est sensiblement la même que celle de la moelle osseuse : même tissu conjonctif, même distribution graisseuse, éléments figurés. Seulement, dans la moelle, on rencontre surtout des hématies et des éléments de la série granuleuse; tandis que, dans les corps adipo-lymphoïdes, les éléments hyalins sont plus nombreux; à ce point de vue il faudrait les rapprocher plutôt de la rate et des ganglions lymphatiques.

Nous avons fait quelques expériences de physiologie :

α. Nous avons essayé de reproduire les expériences de M. Robinson (*Comptes rendus*, 27 juillet 1908) et nous avons saupoudré les corps d'une très fine poussière. Contrairement à l'auteur cité, nous n'avons pas constaté de progression de particules, ni dans un sens, ni dans l'autre. Comme d'autre part nous n'avons pas trouvé d'organes vibratiles, ou « préhensiles ou de tact », à la surface de ces corps, nous concluons qu'à l'époque de nos expériences (fin mars) ces organes n'existent pas. Si réellement l'expérience de M. Robinson a été effectuée dans les conditions indiquées, et nous n'avons pas lieu d'en douter, c'est qu'il apparaît sur ces organes, à une certaine époque (nous regrettons de ne pas connaître la date des expériences citées), un système transitoire qu'on pourrait homologuer aux trajets vibratiles péritonéaux.

β. Nous avons pratiqué, sur des grenouilles, l'ablation des corps adipo-lymphoïdes. L'opération n'a pas eu de suites fâcheuses et n'a pas entravé la ponte. Malheureusement, l'époque de l'opération n'était pas favorable, quant aux conclusions; il eût fallu supprimer les corps alors qu'ils étaient en pleine fonction de réserve, c'est-à-dire à l'entrée de l'hiver. Cela eût permis de déceler la valeur des réserves et leur utilisation.

Il y aura lieu d'examiner si les corps ne se régénèrent pas, à l'automne, au moment de l'élaboration des réserves.

γ. *Résultats des pesées.* — L'examen des chiffres obtenus indique : 1° que les variations du poids des corps adipo-lymphoïdes, d'époque à époque, sont moins considérables chez les mâles que chez les femelles ; 2° que le rapport R du poids total de l'animal au poids des corps adipo-lymphoïdes est sensiblement le même chez *Rana* (630) et *Bufo* (610); qu'il est au contraire bien plus faible chez *Triton* (140); 3° que, dans un même genre, le rapport R est et reste le même chez les différentes espèces ; 4° que la fonction de réserve est surtout liée à l'activité reproductrice. Mais, comme d'autre part le fonctionnement de la glande sexuelle mâle nécessite moins de réserves que l'élaboration des produits de l'ovaire et que, pourtant, il existe chez le mâle des variations sensibles, il faut admettre que les réserves des corps adipo-lymphoïdes sont utilisées par tout l'organisme.

Comme conclusions, il y a lieu de retrancher définitivement de la nomenclature zoologique les termes de *corps adipeux* (la définition étant incomplète) et de *corps jaunes* (définition erronée, puisqu'au moment de l'activité lymphoïde ces organes sont blanchâtres, quelquefois rosés ; définition peu précise puisqu'elle n'indique rien des fonctions ; définition qui prête à une confusion possible avec les corps jaunes de l'ovaire des mammifères), et de donner à ces organes, simples appendices péritonéaux, l'appellation de *corps adipo-lymphoïdes*, qui résume leur double fonction : 1° de réserve pour les graisses, celles-ci s'accumulant pendant la belle saison et étant utilisées par l'animal pendant le sommeil hivernal et surtout lors du fonctionnement de l'appareil génital; 2° lymphopoïétique, surtout active pendant le printemps et l'été, les éléments de la série leucocytaire hyaline s'y multipliant abondamment et y prenant peut-être naissance.

ZOOLOGIE. — *La permutation nucléaire dans la conjugaison de* Colpidium colpoda. Note [1] de M. **A. Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Dans une Note récente sur la conjugaison des Infusoires, j'ai montré chez *Paramecium caudatum*, que le noyau échangé ne se fusionne pas avec le

(1) Présentée dans la séance du 8 mai 1911.

noyau stationnaire et que celui-ci disparaît. La conjugaison de cette espèce aboutit donc aux mêmes résultats nucléaires que celles de *Colpidium colpoda*, telle qu'elle a été décrite par Hoyer (1899).

M. Dangeard [1] ayant tout dernièrement contredit ces résultats et affirmé que chez *Colpoda cucullus*, espèce voisine de l'Infusoire étudié par Hoyer, la conjugaison comporte une véritable fécondation, j'ai été heureux de pouvoir obtenir le *Colpidium colpoda* en syzygie et d'en faire de nombreuses préparations.

Cet holotriche est aussi l'un des Infusoires qui ont été le plus souvent étudiés par les auteurs. Pour Maupas, la copulation du noyau migrateur et du noyau stationnaire n'est pas douteuse, mais il n'a jamais rencontré de stade qui la montre. Il est bon d'ajouter que, dans une Note préliminaire à son important travail de 1889, tout en reconnaissant l'échange des pronuclei mâles, Maupas n'avait pas observé la persistance des pronuclei femelles.

Mes observations confirment les résultats généraux obtenus par Hoyer. Cependant ses dessins ne sont pas toujours conformes à la réalité et cela est dû au fait qu'il n'a pas saisi la nature morphologique du micronucléus.

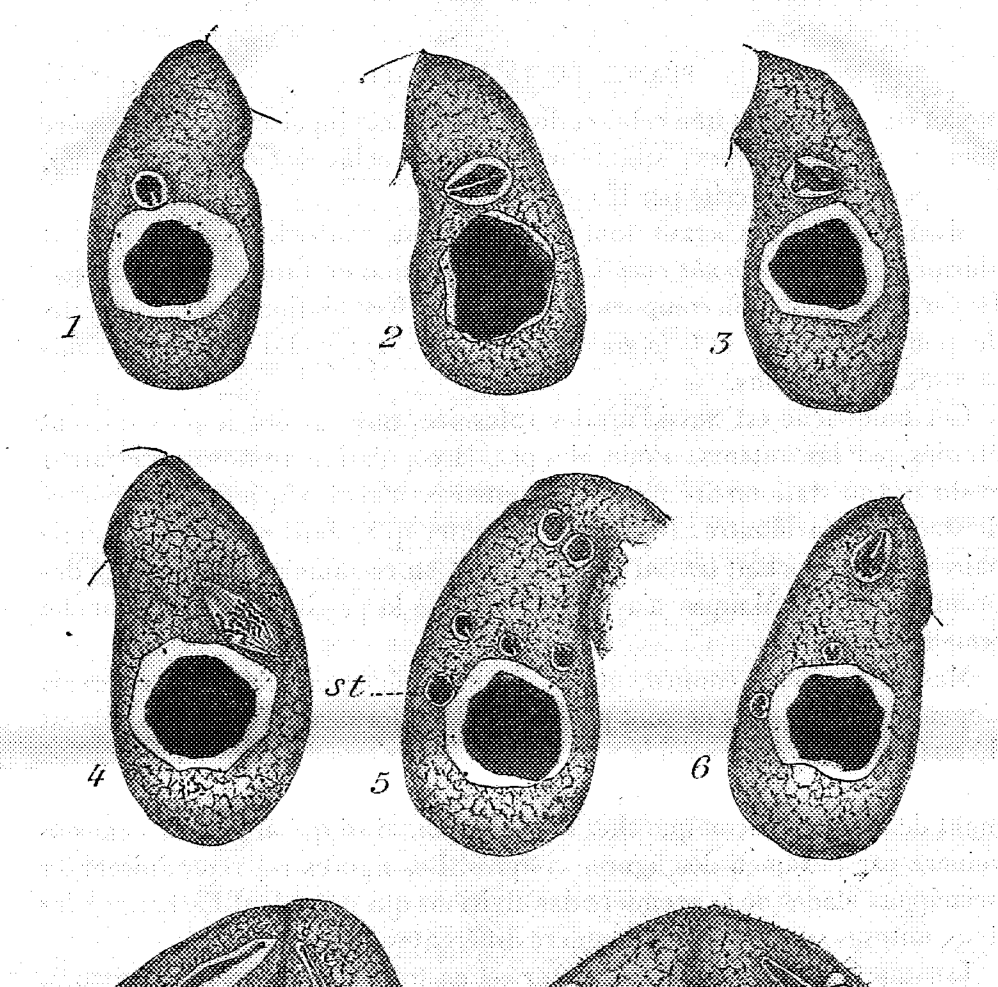
Pourtant, dans sa division, le micronucleus se comporte ici essentiellement de la même façon que chez *Paramecium*, ainsi qu'on pourra s'en convaincre par l'examen des figures ci-après. Les figures 1-4 reproduisent les principaux stades de la première des divisions qui précèdent l'échange ; les deux mitoses suivantes ne sont guère différentes.

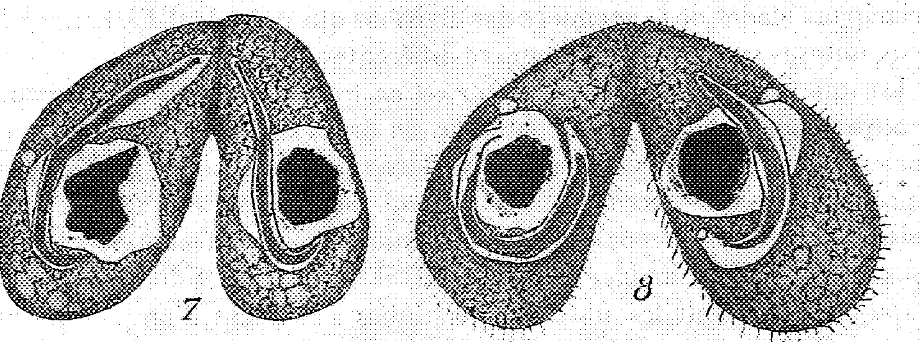
Lorsque le micronucleus migrateur est en train d'effectuer son parcours, le noyau stationnaire (st.), refoulé loin en arrière, siège contre le macronucleus, au sein d'une vacuole où il ne tarde pas à dégénérer (*fig.* 5 et 6). Après l'échange, le micronucleus, qui vient de pénétrer avec une structure voisine de celle du repos (*fig.* 5), s'entrouvre profondément et s'allonge sous cette forme dédoublée (*fig.* 6). Puis il se redresse et donne un fuseau trapu régulier, dont les fibres chromatiques s'étendent d'un pôle jusqu'à l'autre. Ce fuseau s'accroît considérablement en longueur et descend complètement dans la région postérieure (*fig.* 7). Lorsqu'il passe au niveau où siège le noyau stationnaire pendant l'échange, il y a longtemps que ce dernier n'existe plus.

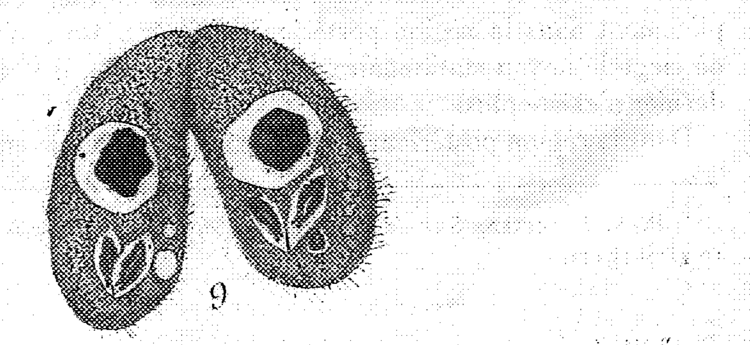
Dans la région postérieure, ce long fuseau se coude en arrière du macro-

---

[1] P.-A. DANGEARD, *Sur la conjugaison des Infusoires ciliés* (*Comptes rendus*, 10 avril 1911).


1
2
3
4
st
5
6


7
8


9

nucleus, frappé lui aussi de dégénérescence ; alors, la mitose s'achève et les deux nouveaux micronuclei qui en résultent se présentent aussitôt pour une seconde mitose, avec la forme entaillée caractéristique (*fig.* 9).

SISMOLOGIE. — *Enregistrement d'une secousse sismique par le grand barographe Richard, à l'Observatoire central de l'Indo-Chine.* Note de M. G. **Le Cadet.**

Une secousse de tremblement de terre accompagnée de deux détonations sourdes, comparables à des explosions souterraines, à moins de deux secondes d'intervalle, a été ressentie et directement notée à l'Observatoire de Phu-Lien, le 31 mars, à midi $58^m 25^s$, temps moyen de l'Observatoire, soit $12^h 52^m 55^s$ T.M. du fuseau dit de la Chine occidentale.

Cette trépidation, ressentie également à Haïphong, s'est traduite, presque sous mes yeux (1), par une petite chute brusque de la courbe du grand baromètre à poids de l'Observatoire. Le petit trait vertical de 1^{mm} de longueur ainsi marqué correspond à un soulèvement relatif de $\frac{1}{70}$ de millimètre du cadre de suspension des leviers et du ressort constitué par les cellules vides auxquelles un poids de 140^{kg} est suspendu.

Il n'est pas douteux qu'il s'agit d'un déplacement relatif dû à l'inertie du poids, et non d'une variation brusque de la pression atmosphérique correspondant au bruit de la détonation. Des coups de tonnerre beaucoup plus violents ne se sont jamais traduits de telle façon sur la courbe de l'enregistreur.

Ce barographe de Richard constitue donc un véritable séismoscope et peut, en conséquence, fonctionner comme téléséismoscope.

C'est d'ailleurs ainsi, par le relevé de tels accidents de la courbe de cet appareil, que j'ai pu déterminer le jour et l'heure approximative du tremblement de terre de Messine, alors que la nouvelle sans date du désastre parvenait à l'Observatoire par télégramme Havas du 30 décembre 1908, c'est-à-dire 2 jours après l'événement. Et M. de Montessus de Ballore, citant cette observation dans sa Note du 21 février 1910 (*Comptes rendus*, 1910, p. 486), considère qu'elle serait, si elle était dûment démontrée, l'exemple le plus remarquable du fonctionnement d'un barographe comme téléséismoscope.

L'observation que je présente aujourd'hui me paraît de nature à fournir cette démonstration.

(1) J'étais auprès de l'instrument 12 secondes après avoir ressenti la secousse.

M. P. Bournat adresse une Note intitulée : *De la direction de l'oiseau dans le plan horizontal et de sa stabilité.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 24 avril 1911. (Suite.)

La espeleologia de Cataluña, por M. Faura y Sans. (*Memorias de la Real Sociedad espanola de Historia natural;* t. VI, Mémoire 6.) Madrid, 1911; 1 vol. in-8°.

Sul lavero di vanga, esperienze, per Napoleone Passerini. (Extr. des *Atti della R. Accademia dei Georgofili;* 5e série, t. VII, année 1919.) Florence, 1910; 1 fasc. in-8°.

Studio anatomico e istologico di un mostro acefalo acardiaco, per Giulio Marcorelli. (Extr. des *Atti della Societá medico-chirurgica di Ancona*, 7e année, nos 2-3, août-septembre 1908.) Ancône, 1908; 1 fasc. in 8°.

Société de la Flore valdôtaine; Bulletin n° 6. Aoste, 1910; 1 fasc. in-8°.

Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut; n° 97 : *Annuaire*, 61e année, 1909. A : *Météorologie*. B : *Magnétisme terrestre*. Utrecht, Kemink et fils, 1910; 1 vol. et 1 fasc. in-4°.

Anales del Instituto y Observatorio di Marina de San Fernando, publicados por el Director Don Tomás de Azcárate. Sección 2a : *Observaciones meteorólogicas, magnéticas, y sismicas*, año 1909. San-Fernando, 1910; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er mai 1911.

Annales de l'Observatoire de Paris, publiées sous la direction de M. B. Baillaud. Directeur de l'Observatoire : *Observations*, 1892. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

Observatoires Jarry-Desloges. *Observations des surfaces planétaires : Mars, Saturne, la Lune, Vénus, Mercure;* fasc. II, années 1909 et 1910. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Opere matematiche di Eugenio Beltrami, pubblicate per cura della Facoltà di Scienze della R. Università di Roma; t. III. Milan, Ulrico Hoepli, 1911; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Système silurien du centre de la Bohême, par Joachim Barrande; 1re Partie : *Recherches paléontologiques.* Continuation éditée par le Musée de Bohême. Tome IV : *Gastéropodes*, par Jaroslav Perner. Tome III : Texte et planches 176-247, avec 56 figures dans le texte. Rédigé en français par A.-S. Oudin. Prague, 1911; 1 vol. in-4°. (Hommage du Musée de Bohême, conformément au désir exprimé par Joachim Barrande dans son testament.)

La Représentation proportionnelle : le problème et sa solution, par F. Lépine. Paris, Marcel Rivière et Cie; Reims, Matot-Braine, 1911; 1 fasc. in-8°.

Annuaire de la Marine pour 1911. Paris, Imprimerie nationale, 1911; 1 vol. in-8°.

The observer's Handbook for 1911, *published by the Royal astronomical Society of Canada*, edited by C.-A. Chant. Toronto, 1911; 1 fasc. in-12.

The star list of the american Ephemeris for the year 1911. Washington, 1910; 1 vol. in-4°.

Boletin del Servicio sismolojco de Chile; II, ano de 1909, por el Conde de Montessus de Ballore, Director del Servicio sismolojco. Santiago du Chili, imp. Cervantes, 1910; 1 vol. in-8°.

Catalogue des Écrits académiques suisses, 1909-1910. Bâle, 1910; 1 fasc. in-8°.

Compte rendu des séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève; t. XXVII, 1910. Genève, 1910; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Royal Institution of Great Britain; t. XIX, part I, n° 102. Londres, février 1911; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 8 mai 1911.

Précis d'Optique, publié d'après l'Ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll, avec une Préface de Paul Langevin. Tome I : *Optique géométrique. Optique ondulatoire.* Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

Histoire critique de la grande entreprise de Christophe Colomb, par Henry Vignaud; t. I, 1476-1490; t. II, 1491-1493. Paris, H. Welter, 1911; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. Grandidier.)

Notice sur le nivellement des vallées des Alpes, et sur le relevé et la publication des profils en long des cours d'eau, avec une carte et 5 planches de profils en long, par Ch. Lallemand, Membre de l'Institut. (Extr. du Tome IV des *Comptes rendus des Travaux du Service des grandes forces hydrauliques*, publiés par le Ministère de l'Agriculture.) Paris, 1911; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Service d'études des grandes forces hydrauliques (Région des Alpes). Tome I : *Organisation et comptes rendus des travaux;* Tomes II, III, IV : *Résultats des études et travaux. Annexes* au Tome IV. I : *Cartes;* II : *Nivellements.* Paris, Imprimerie nationale, 1905-1911; 4 volumes et 2 étuis in-4°. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Études glaciologiques : Tirol autrichien; Massif des Grandes Rousses. Paris, Ministère de l'Agriculture, 1909; 1 vol. in-4°.

Liste des principales usines hydro-électriques des Alpes françaises en 1910. Paris, Ministère de l'Agriculture, 1911; 1 fasc. in-4°.

Une série d'Études hydrologiques et d'Opuscules relatifs aux chutes d'eau, aux forces hydrauliques et aux installations hydro-électriques, publiés par M. R. DE LA BROSSE; 11 fasc. de divers formats. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Sur le mécanisme de l'écorce terrestre et l'origine des continents, par JOSEPH LOUKASCHEWITSCH. Saint-Pétersbourg, Imprimerie « Russo-Française », 1911; 1 fasc. in-8°.

Rivista di Artigliera e Genio; t. I, febrario 1911. Rome, Enrico Voghera; 1 vol. in-8°.

The Quarterly Journal of the Geological Society; t. LXVII, part 1, february, 1911. Londres, Longmans, Green et Cie; 1 vol. in-8°.

Annaes scientificos da Academia polytechnica do Porto, publicados sob a direcção de F. GOMES TEIXEIRA; t. VI, n° 1. Coïmbre, 1911; 1 fasc. in-8°.

Atti della Società medico-biologica, sezione medica, dell' Associazione sanitaria milanese; t. I, fasc. 1. Milan, 1911; 1 fasc. in-8°.

The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada; t. V, number 1; january-february, 1911. Toronto; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 3 avril 1911.)

Note de M. *Jean Bonnet*, Sur les fusions nucléaires sans caractère sexuel :

Page 971, ligne 8, *au lieu de* une seule matière, *lire* une seule membrane.

Page 971, ligne 13, *au lieu de* et il ne semble à la prophase, *lire* et il semble à la prophase.

Page 971, ligne 18, *au lieu de* des noyaux diploïdes, *lire* des noyaux polyploïdes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence, dans l'Apennin ligure au nord-ouest de Gênes, d'un passage latéral de la série cristallophyllienne dite* des schistes lustrés *à la série sédimentaire ophiolitique de l'Apennin*. Note de MM. **Pierre Termier** et **Jean Boussac**.

Dans un voyage tout récent qui avait pour but l'étude structurale de la Ligurie et la résolution du problème, naguère posé par l'un de nous ([1]), de la séparation tectonique de l'Apennin et des Alpes, nous avons d'abord cherché à vérifier l'existence et à définir la nature de la ligne qu'on voit, sur les Cartes géologiques de la région ligure ([2]), courir du sud au nord, de Sestri Ponente à Voltaggio, comme une frontière géologique de grande importance. A l'ouest de cette ligne s'étend un vaste pays de *calcschistes micacés* et de *pietre verdi;* ou, comme disent les géologues français, un pays de *schistes lustrés* et de *roches vertes*, occupé par l'affleurement d'une puissante série cristallophyllienne dans laquelle s'intercalent de nombreux amas, parfois énormes, de gabbro et de serpentine. A l'est, s'ouvre un pays tout

---

([1]) P. Termier, *Les problèmes de la Géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale* (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, numéro du 30 mars 1911).

([2]) A. Issel et S. Squinabol, *Carta geol. della Liguria e dei territori confinanti*, Gênes, 1890. — Cette Carte, à l'échelle de $\frac{1}{200000}$, est, actuellement encore, la meilleure représentation géologique de l'ensemble de la Ligurie à l'est de Cogoleto. Pour la région ligure située à l'ouest de Cogoleto, la *Carta geologica delle Alpi occidentali*, à l'échelle de $\frac{1}{400000}$, publiée en 1908 par le R. Ufficio geologico, nous semble préférable.

autre : les terrains n'y sont plus cristallophylliens; ce sont des sédiments de types très ordinaires, schistes et calcaires surtout, grès quelquefois, formant une série très épaisse, elle aussi, et d'aspect incroyablement monotone, où s'intercalent également des roches vertes, fort semblables à celles des schistes lustrés. Cette deuxième série s'en va très loin vers le sud-est, à travers la plus grande partie de la chaîne apennine : c'est la *série ophiolitique* de l'Apennin, très pauvre en fossiles, rapportée par la plupart des géologues italiens à l'Éocène, bien que les rares fossiles qu'on y a découverts paraissent être plutôt d'âge crétacé (¹). Il est probable que, en réalité, la série ophiolitique de l'Apennin est une *série compréhensive non métamorphique*, de même que les schistes lustrés sont une *série compréhensive cristallophyllienne*.

Un fait curieux, signalé dès 1884 par MM. L. Mazzuoli et A. Issel et récemment rappelé et précisé dans une Note de M. G. Rovereto (²), est, le long ou au voisinage presque immédiat de cette sorte de frontière géologique, la présence d'une chaîne de lambeaux, ou d'îlots, de calcaires triasiques. L'âge triasique de ces calcaires n'est d'ailleurs pas douteux, M. de Stefani et plus tard M. Rovereto y ayant trouvé des *Gyroporelles*.

Y a-t-il vraiment séparation nette et brusque entre la série cristallophyllienne des schistes lustrés et la série ophiolitique apennine ? N'y aurait-il pas plutôt un passage graduel, par métamorphisme croissant, de l'une des séries à l'autre ? S'il y a séparation nette et brusque, comme on l'admet généralement, est-ce par un contact stratigraphique, ou par un contact tectonique ? Quel est, en tout cas, le rôle exact des lambeaux triasiques dessinés sur la Carte de MM. Issel et Squinabol et récemment décrits par M. Rovereto ? Telles étaient les questions à résoudre.

Il nous a tout d'abord paru évident que chacun des lambeaux triasiques est un dôme, ou, plus exactement, que les divers lambeaux triasiques, formant une chaîne alignée du sud au nord, sont les affleurements d'un seul et même anticlinal, tantôt *ennoyé*, tantôt surélevé. Cette conclusion, qui résultait déjà de la seule allure des contours du Trias sur la Carte, s'impose absolument quand on étudie la façon dont les amas se terminent au nord ou sud; et M. Rovereto, dans la Note récente déjà citée, exprime à cet égard

---

(¹) F. SACCO, *Les formations ophitifères du Crétacé* (*Bull. de la Soc. belge de Géologie*, t. XIX, 1905, p. 247-266). — Cette Note rappelle et résume les travaux antérieurs de M. Sacco sur la question de l'âge de la série ophiolitique apennine.

(²) G. ROVERETO, *La zona di ricoprimento del Savonese e la questione dei calcescisti* (*Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. XXVIII, 1909, p. 389-418).

le même avis que nous. Les calcaires qui affleurent ainsi ont le faciès habituel des calcaires à *Gyroporelles* des Alpes. Très massifs, de couleur blanche à l'extérieur avec des taches et des bandes jaune clair, ils ont, dans la cassure, une teinte gris sombre; près d'Isoverde, ils sont associés à un peu de gypse et à des cargneules ; çà et là, ils renferment des intercalations de schistes gris ou noirs, peu épaisses, et même, dans les deux carrières de San Martino, des bancs gréseux dont nous reparlerons tout à l'heure. Nous n'avons observé ni quartzites, ni *marbres phylliteux* du type Vanoise. La largeur des affleurements triasiques varie de zéro à 800^{m}, le maximum étant au nord-ouest d'Isoverde. Les bancs calcaires sont souvent verticaux. Leur inclinaison, quand ils ne sont pas verticaux, est très forte et s'abaisse rarement au-dessous de 45°. Quand le dôme est allongé, comme à la Madonna di Gazzo, la plongée générale est vers l'est; quand il a une forme ronde ou ovale, la plongée des assises, près des bords, est toujours *périclinale* tout en restant très forte, et c'est ce qu'on observe nettement pour la terminaison nord du dôme d'Isoverde, près de Pietra Lavezzara. Au nord du village de San Martino, sous le col de Caffarella, le Trias disparaît, comme en un tunnel, sous sa couverture schisteuse, ce qui est la démonstration péremptoire de l'allure anticlinale. Partout où le Trias confine à des terrains stratifiés, cristallophylliens ou non, il y a *concordance absolue* entre ceux-ci et les calcaires triasiques. Quand il confine à des roches vertes, ce qui est très fréquent, les roches vertes sont laminées, parfois même fragmentées, et prennent une allure schisteuse, parallèle à l'allure des calcaires.

Si l'on rapproche ce premier groupe de faits incontestables de cette donnée de la Carte Issel-Squinabol que le Trias est tantôt à la limite des deux séries schisteuses, tantôt en pleine série apennine, et de cette allégation de M. Rovereto (*loc. cit.*) qu'au nord d'Isoverde le Trias est entièrement entouré de schistes éocènes, on est d'ores et déjà porté à penser qu'il y a sur le Trias *une seule couverture schisteuse*, graduellement envahie, de l'est à l'ouest, par le métamorphisme. Cette présomption, loin d'être infirmée par l'observation directe, se change très vite en conviction quand on parcourt le terrain.

La plupart du temps, MM. Issel et Squinabol ont placé la limite des deux séries schisteuses, la cristallophyllienne et l'apennine, soit le long d'un dôme allongé de Trias, comme à Gazzo, soit à la limite des grands massifs de roches vertes : dans les deux cas, c'est arbitraire, puisque le Trias est marqué, parfois, en pleine série apennine, et puisqu'il y a des roches vertes, *et les mêmes*, dans les deux séries. L'arbitraire est plus grand encore,

et la limite paraît entièrement fantaisiste, lorsqu'il n'y a, pour la préciser, ni présence de Trias, ni bord d'un grand massif de gabbro ou de serpentine.

En réalité, il y a *passage graduel*, par graduelle invasion de cristallinité, entre la série apennine et la série des schistes lustrés. Nos observations à cet égard ne nous ont pas laissé le moindre doute. Une seule série schisteuse, ici métamorphique, là non métamorphique, repose en concordance sur le Trias; et le Trias affleure, en anticlinal, dans les déchirures de cette série schisteuse, précisément dans la zone de passage, dans la zone de métamorphisme grandissant, dans la zone de semi-métamorphisme. Cette zone de passage a une largeur très variable. Sur l'arête du col de Caffarella, à partir de ce village et en marchant vers l'est, on foule sur plus de 2^{km} de parcours des schistes et des calcaires semi-cristallins, tantôt de type apennin, tantôt de type schistes lustrés. De Langasco aux Molini de Voltaggio, la grande route, quand elle n'est pas dans les roches vertes, se tient constamment dans des terrains semi-métamorphiques, les mêmes qui entourent la terminaison nord-est du dôme triasique d'Isoverde. Et quand on va, par le Monte Calvo, de la Bocchetta à Busalla, on ne sait vraiment où placer la limite du métamorphisme : tout le Monte Calvo est en terrains semi-cristallins, et la cristallinité d'origine métamorphique ne disparaît guère qu'à 2^{km} à l'ouest de Busalla. La largeur de la zone de passage est ici de plus de 3^{km}. Par contre, dans le fond de la vallée de San Martino, le type non métamorphique des calcaires et des schistes persiste jusqu'au bord du dôme triasique; et, dès qu'on a traversé ce dôme, on trouve exclusivement des termes très cristallins : on a ici l'illusion de deux séries différentes, séparées par le Trias, mais il suffit de monter au village de San Martino pour voir, dans la série de l'est, apparaître et rapidement grandir le métamorphisme.

Les caractères de cette invasion du métamorphisme sont les suivants : les calcaires marneux noirs, à cassure compacte ou terreuse, se transforment graduellement en des calcaires cristallins noirs à patine blanchissante qui se débitent fréquemment en plaquettes et qui, peu à peu, deviennent plus cristallins, plus clairs, plus zonés de silice ou de bandes phylliteuses, plus semblables, en un mot, aux marbres des schistes lustrés; les schistes noirs, argileux, parfois riches en petits micas flottés, souvent gaufrés ou plissotés, souvent ardoisiers et luisants, mais nullement métamorphiques, qui forment l'élément prédominant de la série apennine à Pontedecimo, à Mignianego, à Busalla, deviennent de plus en plus satinés, perdent leur mica détritique, se changent en des micaschistes à zones quartzeuses et à zones calciteuses, c'est-à-dire peu à peu en des schistes lustrés véritables. Sur l'arête de Caffarella et de San Stefano, les calcaires cristallins noirs, les micaschistes, les calcschistes micacés alternent avec des

schistes noirs encore argileux, et même avec des schistes noirs à mica détritique. Il en est de même aux environs de la Bocchetta, au Monte Calvo et tout autour de la terminaison nord-est du dôme d'Isoverde. Quant aux roches vertes, là où elles sont serpentine ou gabbro, et c'est le cas le plus fréquent, aucune différence appréciable ne nous a semblé introduite par le métamorphisme : le seul changement sensible paraît être la disparition du type diabase, fréquent dans les terrains apennins, et son remplacement par des roches recristallisées, sortes d'amphibolites.

Ainsi, pas de séparation nette, mais bien un passage graduel entre les terrains apennins et les schistes lustrés; cette série unique reposant sur le Trias, en parfaite concordance; et cet ensemble affecté, entre Sestri Ponente et Voltaggio, d'un brusque anticlinal dirigé du sud au nord : telles sont nos conclusions. Les conséquences en sont fort importantes.

D'abord, c'est la démonstration irréfutable de l'âge *compréhensif* des schistes lustrés, conformément à ce que l'un de nous enseigne depuis 12 ans. Les schistes lustrés sont une série compréhensive qui embrasse, sous un faciès uniforme, tous les terrains depuis le Trias supérieur jusqu'à l'Éocène inclusivement. A Serra, près de la M^a^ di Gazzo, à Gallaneto et à Isoverde, il y a, à la base de la série semi-métamorphique, des calcaires cristallins noirs qui sont très probablement du Trias supérieur [1] et qui appartiennent déjà au complexe schistes lustrés; d'autre part, personne ne peut douter que la série apennine ne comprenne des terrains crétacés et éocènes ; et chacun sait enfin que le complexe schistes lustrés a fourni, dans les Alpes piémontaises, des fossiles jurassiques.

C'est, en second lieu, une leçon sur l'invasion d'une série sédimentaire par le métamorphisme, à rapprocher de la leçon donnée, il y a 20 ans, par le Permo-houiller de la Vanoise. Il faut retenir, entre autres choses, ceci, que les amas ophiolitiques, dans les schistes lustrés, sont *antérieurs au métamorphisme* et non pas dus, comme nous l'avons cru longtemps, à la cause même qui a produit celui-ci.

C'est, enfin, la démonstration de l'inexistence d'une séparation tectonique dans la région de Sestri Ponente. Le pays de schistes lustrés fait encore partie de l'Apennin ; et la limite de l'Apennin et des Alpes est donc reculée vers l'ouest, tout au moins jusqu'à Savone.

Mais, dans cet Apennin métamorphique posé sur le Trias, il y a des symptômes indéniables de déplacements horizontaux : laminage des roches

---

(1) A Serra, séparés du Trias moyen par un amas de serpentine, ces calcaires alternent avec des cargneules, des calcschistes et des calcaires à zones siliceuses.

vertes près du contact avec le Trias; brèches de friction dans le Trias, sur le bord ouest de la carrière nord de San Martino; présence *dans* le Trias, aux deux carrières nord et sud de San Martino, d'une intercalation de psammites et de grès d'un type étrange, pas du tout triasique, et qui pourraient bien être crétacés ou éocènes.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la Chaire de *Physiologie générale* vacante au Muséum d'Histoire naturelle par le décès de M. *Gréhant*.

A ce premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 55,

MM. Lapicque obtient . . . . 25 suffrages
Tissot » . . . . 24 »
Bohn » . . . . 2 »
Nicloux » . . . . 1 suffrage

Il y a 3 bulletins blancs.

Aucun candidat n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin. Le nombre de votants étant 53,

MM. Lapicque obtient . . . . 25 suffrages
Tissot » . . . . 25 »
Nicloux » . . . . 2 »
Bohn » . . . . 1 suffrage

Aucun candidat n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un troisième tour de scrutin. Le nombre de votants étant 49,

MM. Tissot obtient . . . . 25 suffrages
Lapicque » . . . . 22 »

Il y a 2 bulletins blancs.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 44,

MM. Lapicque	obtient	21 suffrages
Nicloux	»	14 »
Bohn	»	6 »
Doyon	»	2 »

Il y a 1 bulletin blanc.

Aucun candidat n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin. Le nombre des votants étant 42,

MM. Lapicque	obtient	24 suffrages
Nicloux	»	17 »
Bohn	»	1 suffrage

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne	M. **Tissot**
En seconde ligne	M. **Lapicque**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, par Paul Helbronner, t. I. (Présenté par M. Bassot.)

2° *Le ciel et l'atmosphère*, par L. Houllevigue. (Présenté par M. E. Bouty.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la longueur d'onde de la raie solaire b_2.* Note de M. **A. Perot** et de M^lle^ **Lindstedt**, présentée par M. H. Deslandres.

Les résultats que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie sont relatifs à la longueur d'onde de la raie b_2 du magnésium émise par les différentes régions du Soleil. Ils ont été obtenus par les procédés interférentiels

antérieurement décrits et appliquée par l'un de nous à l'une des raies du fer ([1]). Toutefois à la suite des premiers résultats obtenus, toute notre attention s'est portée sur la recherche de la longueur d'onde émise par les différents points de l'équateur solaire d'une part, et du méridien dirigé vers la Terre de l'autre. Comme il s'agissait ici plus particulièrement de mettre en évidence des mouvements d'ensemble des centres d'absorption, il était intéressant de déterminer la longueur d'onde pour des régions du Soleil relativement grandes, de manière à éviter l'influence des perturbations locales. A cet effet, l'image solaire ayant environ 36^{mm} de diamètre, la lumière était prélevée à l'aide d'un trou de 3^{mm} de diamètre, dont la surface est à peu près les 7.10^{-3} de celle de l'image. La longueur d'onde obtenue a été toujours considérée comme correspondant au centre du trou, quoique, aux environs du bord, par suite de la diminution d'éclat du disque lorsqu'on s'écarte du centre, cette manière d'opérer soit inexacte.

Les expériences, rendues difficiles par suite de l'état du ciel cet hiver, ont été faites à des époques assez distantes en général les unes des autres, de sorte que le résultat obtenu n'est pas particulier à un ensemble de jours rapprochés les uns des autres. Chaque pose relative à une région du Soleil a été encadrée entre deux poses faites avec le centre; nous combinions ces deux poses entre elles pour les comparer à la pose intermédiaire; de ce fait les difficultés venant de petites variations de l'étalon se trouve très réduites. La durée des poses, assez grande en hiver, nécessitait l'emploi de ce mode opératoire. Les résultats indiqués sur la courbe que nous donnons ci-après sont, pour certains, la moyenne de 10 poses faites à des jours différents; ils ont été fournis chacun par environ 150 lectures au comparateur spécial employé, correspondant à 300 pointés.

La courbe qui accompagne cette Note a été construite en portant en abscisses les distances des points étudiés au centre du Soleil et en ordonnées les différences de la longueur d'onde d'un point avec celle du centre.

On voit d'abord qu'aucun déplacement vers le rouge n'a apparu à la distance minimum du bord que nous ayons étudiée ($1^{mm},5$, soit 0,084 du rayon); ce résultat est identique avec celui que M. Walter Adams a trouvé ([2]); la forme de la courbe AMB diffère complètement de celle trouvée pour le fer qui, dans sa région centrale et moyenne, est une droite telle que ANB. Si l'on fait la différence entre les ordonnées de la courbe et celles de CD, on

---

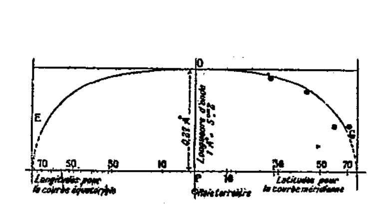
([1]) A. Perot, *Comptes rendus*, 4 juillet 1910.

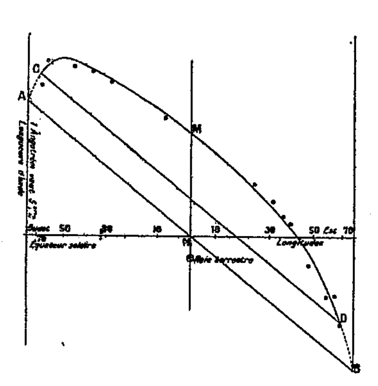
([2]) Walter Adams, *Astrophysical Journal*, janvier 1910.

trouve un arc d'ellipse EOG, donnant un déplacement OP vers le rouge de de 0,027 Ångström pour le centre.

La courbe donnée par les points du méridien dirigé vers la Terre est identique à cette ellipse.

Or, si les centres d'absorption de la raie b_2 sont animés d'un mouvement centripète, en plus de leur mouvement de rotation, les longueurs d'onde aux différents points doivent bien être représentées par des courbes de ce genre; la vitesse centripète serait $1^{km},57$ par seconde. Ce mouvement est analogue à celui que M. St. John a trouvé récemment pour la raie K_3 du calcium (¹). Le fait que la courbe méridienne est elliptique montre que ce mouvement est général, il n'y a pas de vitesses centrifuges sur le disque solaire, car alors la forme de la courbe ne serait pas une ellipse.





La méthode que nous avons suivie a le très grand avantage de ne pas faire intervenir la longueur d'onde de la raie terrestre, qui peut ne pas être produite dans les mêmes conditions de température, de pression, de densité et d'excitation que la raie solaire; toutefois, pour compléter cette étude, nous avons déterminé la différence de longueur d'onde qui existe entre ces deux raies, la raie terrestre étant émise par un arc à charbon dont la mèche contient un sel de magnésium, la longueur d'onde de la raie solaire étant corrigée du mouvement terrestre, de la rotation et du mouvement centripète solaires trouvés ci-dessus. Les expériences ont été conduites de la manière suivante :

A partir de la fente du spectroscope et en se déplaçant en sens inverse de la lumière solaire, on trouve dans notre appareil : l'objectif de projection des anneaux sur la

(¹) St. John, *Astrophysical Journal*, juillet 1910.

fente, l'étalon, une lentille de concentration qui forme un système afocal avec l'objectif de projection; en avant de cette lentille et à son foyer, nous avons placé un diaphragme en cuivre réglable, dont l'image se forme sur la fente et qui limite les anneaux solaires, n'en laissant subsister que trois en général; entre ce diaphragme et la lentille se trouve une lame de verre très mince L, plane, légèrement argentée, inclinée à 45° sur l'axe du faisceau et donnant sur la fente l'image d'un diaphragme complémentaire du premier placé à 90° de celui-ci. Ce second diaphragme est éclairé par la source terrestre et, dans le système d'anneaux qu'il laisse passer, les trois premiers manquent. Le Soleil et l'arc éclairant simultanément l'appareil, nous obtenons à la fois les anneaux du Soleil et ceux de l'arc; les erreurs provenant d'une variation possible de l'épaisseur de l'étalon quand le Soleil l'échauffe, sont ainsi éliminées.

Connaissant l'épaisseur de l'étalon, la longueur d'onde de la raie b_2, le facteur qui permet de passer de la mesure du diamètre d'un anneau à sa valeur en radians, on calcule facilement, étant donné le diamètre d'un anneau d'ordre N de la raie terrestre, le diamètre de celui qui correspond à un anneau d'ordre $N+p$; l'anneau solaire d'ordre $N+p$ étant mesuré, on tire de la comparaison des diamètres des anneaux solaires et terrestres, la différence de longueur d'onde des deux raies.

Nous avons trouvé ainsi que la longueur d'onde de la raie terrestre est plus petite que celle de la raie solaire, toutes corrections faites, d'environ 6.10^{-3} Angström.

Les mesures faites le long de l'équateur ont donné pour la vitesse de rotation des centres absorbants une valeur plus élevée de 0°,4 pour le magnésium que pour le fer, comparable à celle que l'un de nous a trouvée pour les raies 5349 et 6122 du calcium (1) et plus faible de 0°,4 que celle de l'hydrogène (2).

Nous ferons remarquer que ces valeurs, déterminées à l'aide de points suffisamment distants des bords du disque solaire, sont sans doute à peu près indépendants des effets perturbateurs possibles, tels que la courbure des trajectoires et la dispersion anomale dont l'influence doit être surtout sensible pour les grandes incidences.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains groupes commutatifs et pseudo-nuls de quantités hypercomplexes.* Note de M. **Léon Autonne**, présentée par M. C. Jordan.

Dans mes deux Notes précédentes (13 juin et 12 décembre 1910), dont on conservera la terminalogie et les notations, ont été étudiés les groupes (ε),

(1) A. Perot, *Comptes rendus*, 10 août 1908.
(2) A. Perot, *Comptes rendus*, 8 août 1910.

commutatifs et pseudo-nuls, généraux. Parmi ces groupes (ε), on peut distinguer deux catégories, qui paraissent présenter des particularités intéressantes.

Supposons que le déterminant caractéristique $|\rho E - S_x|$, décomposé en ses Elementarteiler, admette g_i fois le facteur ρ^{p_i} $\{i = 0, 1, \ldots, k;$ $p_0 = p;\ g_0 = g;\ m = \Sigma_i p_i g_i;\ p > p_1 > \ldots > p_k\}$. On a $S_x^p = 0$; $x^{p+1} = 0$. Reprenons les nombres $h_\lambda\ \{\lambda = 1, 2, \ldots, p\}$, définis comme dans ma Note du 12 décembre, et posons $l_\lambda = h_{p-\lambda+1}$, $h_1 \leqq h_2 \leqq \ldots \leqq h_p$.

Définition. — Sera dit *normal* tout groupe (ε) qui possède la propriété suivante : pour qu'un nombre y de (ε) soit une puissance exacte x^σ $(\sigma = 1, 2, \ldots, p+1)$, il faut et il suffit que les m coordonnées y_α de y satisfassent à un système $(H_{\sigma-1})$ de $H_{\sigma-1}$ équations linéaires, homogènes, à coefficients constants.

Voici les conséquences de la définition. On a $H_\sigma = H_{\sigma-1} + l_\alpha$. Les $H_{\sigma-1}$ équations de $(H_{\sigma-1})$ figurent parmi les H_σ équations de (H_σ).

I. La matrice $S(x)$ peut se mettre sous la forme

$$(0) \qquad S(x) = [\,l_{\mu\lambda}(x) \qquad \{\tau, \lambda, \mu, \nu = 1, 2, \ldots, p\},$$

où $l_{\lambda\mu}(x)$ est un tableau à l_λ lignes et l_μ colonnes, constitué par des éléments de S_x. De plus $l_{\lambda\mu}(x) = 0$ pour $\mu \geqq \lambda$. — II. Les variables x_α, les unités ε_α, les quadratiques $f_\alpha(x)$ peuvent être réparties en systèmes X_λ, E_λ, F_λ (définis comme dans ma Note du 13 juin 1910), le système d'indice $\lambda\ \{\lambda = 1, 2, \ldots, p\}$ comprenant l_λ termes. — III. Le produit d'une unité de E_μ par une unité de E_ν ne dépend que des unités des E_τ $(\tau \geqq \mu + \nu)$. — IV. Dans une quadratique f_α, du système F_λ, une variable de x_μ ne multiplie que des variables des systèmes $X_1, X_2, \ldots, X_{\lambda-\mu}$. — V. Les éléments du tableau $l_{\lambda\mu}(x)$ ne contiennent que les variables de $X_1, X_2, \ldots, X_{\lambda-\mu}$. — VI. Prenons à volonté p nombres, l_λ formant une suite non croissante et admettons que S_x puisse se mettre sous la forme (0) ci-dessus. Pour que le groupe (ε) soit normal, il faut et il suffit alors que la matrice $S_x^{\sigma-1}\ \{\sigma = 1, 2, \ldots, p\}$ ait le rang $m - H_{\sigma-1}$; $H_{\sigma-1} = l_1 + \ldots + l_{\sigma-p}$. Les entiers g_i et p_i relatifs aux Elementarteiler se déduisent sans ambiguïté.

Sont normaux tous les groupes de rang maximum, ainsi que les groupes m — aires pour $m < S$. Le groupe non normal le plus simple est le groupe quinaire $(\varepsilon) = (0, 0, 2x_1x_2, x_1^2, x_2^2)$. Si l'on pose $y = x^2$, on a $y_1 = y_2 = 0$ et aussi $y_3^2 = 4y_4y_5$.

Passons aux groupes quasi-normaux. Dans tout groupe (ε) il existe un

entier positif minimum ϖ, tel que le produit de $\omega + 1$ facteurs quelconques soit toujours nul.

Définition. — Sera dit *quasi-normal* tout groupe (ε) qui possède la propriété suivante : pour qu'un nombre y, pris dans (ε) soit le produit de σ facteurs, $y = x^{(1)} \ldots x^{(\sigma)} \mid \sigma = 1, 2, \ldots, \varpi + 1 \mid$, il faut et il suffit que les m coordonnées y_α de y satisfassent à un système $(H_{\sigma-1})$ de $H_{\sigma-1}$ équations linéaires, homogènes, à coefficients constants.

Voici les conséquences de la définition :

On a $H_{\sigma-1} < H_\sigma$ et l'on peut désigner par l_σ la différence positive $H_\sigma - H_{\sigma-1}$. Cela posé, les énoncés I, II, III, IV et V ci-dessus, relatifs aux groupes normaux, subsistent pour les groupes quasi-normaux. L'énoncé VI subsiste aussi, mais avec deux modifications : 1° les ϖ entiers l_σ ne forment plus forcément une suite non croissante; 2° le rang $m - H_{\sigma-1}$ doit appartenir au tableau $\mathfrak{S}$ à m lignes et à m_σ colonnes, obtenu en écrivant à la file les σ matrices $S(y^{(\lambda)}) \mid \lambda = 1, 2, \ldots, \sigma \mid$; $y^{(\lambda)} = x^{(1)} x^{(2)} \ldots x^{(\lambda-1)} x^{(\lambda+1)} \ldots x^{(\sigma)}$, les $x^{(\lambda)}$ étant choisis à volonté dans (ε).

Les groupes (ε) de rang maximum sont quasi-normaux.

MÉCANIQUE. — *Transformation du mouvement d'expansion en mouvement de rotation par la développante de cercle.* Note de M. L. Creux.

Le principe suivant a pour but la transformation directe du mouvement d'expansion en mouvement de rotation en évitant les transformations intermédiaires ordinairement indispensables.

Soit une développante de cercle; menons par le centre O de la circonférence développée et par l'origine A de la développante un axe dit *axe à l'origine*. Si l'on construit dans le même plan une développante identique O', dont l'axe à l'origine soit parallèle au premier et dirigé en sens inverse, on peut l'amener à avoir chacune de ses spires tangente en deux points à chaque spire identique de l'autre développante.

En effet, menons par O et O' une droite ZZ' et supposons que la développante O' occupe d'abord la position représentée par la spire pointillée de centre O''. Menons parallèlement à ZZ', BC normale à la courbe O et B''C'' normale à la courbe O''. Ces normales sont superposées et si l'on déplace la courbe O'' suivant ZZ', on peut amener le point C'' à coïncider avec le point C et les spires seront tangentes en ce point. Les normales DE et D'E', parallèles à ZZ', sont aussi superposées; DE = B'C, D'E' = BC, et comme

DD′ = BB′, les points E et E′ coïncident et sont point de tangence. Chacune de ces normales prolongées coupera les spires en des points de tangence. La distance OO′ est constante et, ZZ′ ayant une orientation quelconque, les développantes peuvent se déplacer, l'une par rapport à l'autre, en restant toujours tangentes si on les soumet à l'une des deux conditions suivantes :

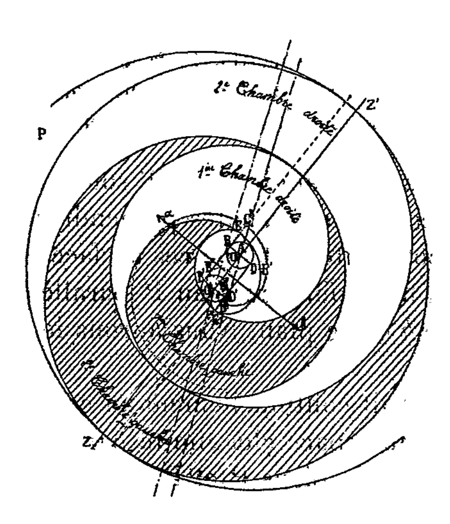
Première condition. — Les axes à l'origine sont toujours parallèles à eux-mêmes. OO′ étant constant, si O est fixe, O′ décrira une circonférence autour de lui, et réciproquement. Nous appellerons ce déplacement *mouvement de translation relatif.*

Deuxième condition. — Les centres O et O′ sont fixes. Les développantes pourront tourner autour de leurs centres respectifs, leurs axes à l'origine restant toujours parallèles entre eux. Nous appellerons ce déplacement *mouvement de rotation exaxé.* Pour un même système, ce mouvement est en sens inverse du premier.

Supposons que les développantes O et O′ soient les projections de surfaces courbes engendrées par des droites perpendiculaires au plan P de la figure et de hauteur constante *h* et que ces surfaces courbes soient fixées, la première au plan P, la seconde au plan P′ parallèle au plan de la figure et placé à une distance *h* de ce plan. Nous aurons le principe de l'appareil cherché.

En effet, si l'on introduit continuellement au centre un fluide sous pression, il se trouve dans un espace clos limité par les surfaces courbes projetées en CFEF′C et par les plans P et P′ maintenus à une distance constante *h* l'un de l'autre. Les pressions normales aux surfaces courbes tendent à écarter l'un de l'autre les segments CFE et EF′C. Il en résulte que la développante O fixée au plan P tendra à se déplacer par rapport à la développante O′ fixée au plan P′ et, ces deux actions étant concordantes, l'appareil prendra un des deux mouvements indiqués plus haut. L'espace CFEF′C augmentera de volume, et lorsque l'appareil aura fait un tour, cet espace se trouvera divisé en trois parties : une au centre CFEF′C ou chambre centrale et deux latérales ou premières chambres. Le mouvement continuant, les premières chambres s'éloignent du centre, augmentent de volume en raison directe de cet éloignement et le fluide qu'elles contiennent se détend. Au bout du second tour, elles occupent la place des deuxièmes chambres (voir la figure) et de nouvelles premières chambres se forment. On voit donc que le fluide se répartit dans des chambres de plus en plus éloignées du centre où il se détend d'autant plus qu'il n'y a plus de spires.

Les résultantes totales α et β sont égales, de direction opposée, appliquées au centre général de l'appareil, agissent chacune sur une des développantes, sont toujours perpendiculaires à ZZ' et leurs actions s'additionnent. Chacune est égale à la somme des produits des pressions de chaque chambre par l'aire qui y est interceptée par les plans normaux ayant pour traces les normales BC ou DE prolongées. Cette valeur n'a que des variations pratiquement négligeables. La force expansive du fluide est donc transformée en un couple qu'on peut considérer comme constant.



Si la température est constante dans la chambre centrale, elle va en décroissant à mesure que le fluide se détend; mais les mêmes zones des parois sont toujours en contact avec du fluide à la même température et l'on évite ainsi les pertes thermiques considérables qui se produisent dans les machines alternatives.

Lorsqu'un appareil est bien rodé, les surfaces en contact n'ayant aucune tendance à se rapprocher arrivent à se toucher sans appuyer; elles ne s'usent donc plus et le faible jeu compris entre elles n'augmente pas. Le passage du fluide d'une chambre dans une autre ne donne pas lieu à une perte. Les seules fuites à évaluer sont celles des deux dernières chambres contenant du fluide très détendu et l'on peut les calculer facilement connaissant le jeu.

ÉLECTRICITÉ. — *Force électromotrice produite par l'écoulement d'une solution de sulfate de cuivre dans un tube capillaire.* Note de M. L. **Riéty**, présentée par M. Lippmann.

Comme il a été montré par M. Quincke (¹) et, après lui, par d'autres expérimentateurs, l'écoulement dans un tube capillaire d'un liquide peu conducteur (eau distillée, eau ordinaire, alcool), produit, entre les masses liquides situées à l'entrée et à la sortie du tube, une différence de potentiel. Lorsque l'écoulement du liquide se fait dans les conditions où opérait Poisenille, cette différence de potentiel est proportionnelle à la différence de pression entre les extrémités du tube et elle ne dépend ni de la longueur, ni de la section de ce dernier. Helmholtz (²) l'attribue à l'entraînement partiel d'une des parties de la couche double, qui se produit au contact du tube et du liquide.

M. Gouré de Villemontée (³) opérant sur des liquides conducteurs (mercure, solutions salines), s'écoulant sous des pressions ne dépassant pas 3^{atm}, n'a pas obtenu de résultat.

Sur le conseil de M. Blondlot, j'ai opéré sur des solutions conductrices s'écoulant sous des pressions beaucoup plus élevées.

Un tube capillaire de très petit diamètre est mastiqué sur le réservoir d'un tube de Cailletet, servant à liquéfier les gaz. On emplit le réservoir d'une solution de sulfate de cuivre et on l'enferme dans le cylindre en acier de la pompe de Cailletet. Une électrode en cuivre est immergée dans la solution et communique par un fil de cuivre avec l'extérieur. Le tube capillaire, deux fois recourbé à angle droit, plonge par son extrémité ouverte dans un vase rempli de la solution de sulfate de cuivre; dans ce vase plonge également une seconde électrode en cuivre.

En réunissant les deux électrodes aux bornes d'un électromètre capillaire, on constate l'existence d'une différence de potentiel, qui est d'environ de 0,03 volt lorsqu'on fait écouler par le tube capillaire, sous une pression de 90^{atm}, une solution contenant 10^{g} de sulfate de cuivre cristallisé par litre d'eau. Le potentiel à la sortie du tube est plus élevé qu'à l'entrée, indiquant un transport d'électricité positive dans le sens du courant liquide.

Pour mesurer la différence de potentiel obtenue, on la compense à l'aide d'un potentiomètre formé de deux boîtes de résistance.

(¹) Quincke, *Pogg. Ann.*, t. CVII, 1859, p. 1.

(²) Helmholtz, *Wied. Ann.*, t. VII, 1879, p. 351.

(³) Gouré de Villemontée, *J. de Phys.*, 3ᵉ série, t. VI, 1897, p. 59; *Éclairage électrique*, t. VIII, 1896, p. 491 et 579.

I. Le Tableau suivant, relatif à une solution contenant 10^g de sulfate de cuivre cristallisé par litre d'eau montre, que, comme dans le cas des liquides peu conducteurs, la différence de potentiel obtenue est proportionnelle à la différence de pression établie aux deux extrémités du tube.

Influence de la différence de pression.

v = différence du potentiel.	P = différence de pression.	$\frac{v}{P} = \frac{\text{différence de potentiel}}{\text{différence de pression}}$.
volt 0,00186	atm 5	0,00037
0,0037	10	0,00037
0,0055	15	0,00037
0,0093	25	0,00037
0,0130	35	0,00037
0,0186	52,5	0,00035
0,0242	70	0,00035
0,0279	85	0,00033
0,0298	90	0,00033

II. Si l'on fait varier la concentration de la solution, les différences de potentiel obtenues varient assez rapidement, comme le montre le Tableau suivant :

Influence de la concentration.

Nombre de grammes de sulfate cristallisé par litre d'eau.	$\frac{v}{P} = \frac{\text{diff. de potentiel}}{\text{diff. de pression}}$.	γ = conductibilité spécifique.	Produit $\gamma \frac{v}{P}$.
		$\frac{\text{cm}}{\text{ohm}}$	
g 20.......	0,00019	$62,2.10^{-4}$	$0,0118.10^{-4}$
10.......	0,00035	$36,8.10^{-4}$	$0,0128.10^{-4}$
5.......	0,00060	$20,6.10^{-4}$	$0,0123.10^{-4}$
2,5.....	0,00079	$12,5.10^{-4}$	$0,010\ .10^{-4}$
2.......	0,0012	$10,1.10^{-4}$	$0,012\ .10^{-4}$
1,25....	0,0025	$6,8.10^{-4}$	$0,017\ .10^{-4}$
1.......	0,0071	$5,9.10^{-4}$	$0,041\ .10^{-4}$

La différence de potentiel rapportée à une atmosphère, et résultant de la moyenne des mesures faites à différentes pressions, diminue lorsque le nombre de grammes de sulfate cuivre dissous par litre d'eau augmente.

Les conductibilités spécifiques des solutions ont été mesurées par la méthode de Kohlrausch. Pour les solutions étudiées contenant de 2^g à 20^g de sulfate par litre d'eau, le produit de la conductibilité par la différence de potentiel rapportée à une atmosphère, reste sensiblement constant.

PHYSIQUE. — *Sur les tubes luminescents au néon.* Note (¹) de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai l'honneur de signaler à l'Académie quelques observations qui m'ont conduit à un perfectionnement capital des tubes luminescents au néon, c'est-à-dire à la suppression de tout dispositif de rentrée du gaz luminescent.

On sait que dans les tubes de Moore, comme au surplus dans les tubes de Crookes, une absorption progressive du gaz employé se produit et qu'en peu de temps le tube s'éteindrait si une soupape électromagnétique très ingénieusement combinée n'avait pour mission de laisser rentrer continuellement du gaz destiné à remplacer celui qui disparaît.

Cette solution très élégante ne pouvait me convenir. J'ai dit l'extrême facilité avec laquelle les facultés luminescentes du néon se laissent masquer par de petites quantités de gaz étrangers : en dépit de toutes les précautions, on arriverait difficilement à emmagasiner, à conserver et à utiliser avec la pureté voulue la provision de néon nécessaire pour une longue durée. De plus, une soupape est un appareil relativement compliqué et coûteux, peu applicable surtout pour les tubes de faible longueur que les excellents rendements du néon permettent de réaliser : tous mes efforts ont donc tendu à m'affranchir de cet organe.

Il est vrai que, dans le cas du néon, les circonstances se prêtent relativement bien à cette suppression : outre que le néon est un gaz réputé inactif et que les électrodes devaient laisser indifférent, sa cohésion électrique si extraordinairement faible permet d'employer une pression bien supérieure à celle qui règne dans les tubes à azote, soit de l'ordre du millimètre de mercure et non plus du $\frac{1}{10}$ de millimètre. D'où une provision de néon au moins 10 fois plus grande, donnant une marge bien plus large pour son épuisement.

Ces circonstances, toutefois, ne pouvaient encore faire espérer une durée appréciable des tubes au néon, car la soupape de Moore, d'après l'affirmation très surprenante de son auteur, *respire* deux fois par *minute* pour introduire chaque fois une quantité de gaz égale au dixième de ce qui y est contenu.

En fait, mes premiers essais m'ont donné de médiocres résultats. Les électrodes, très petites, se volatilisaient rapidement et le tube s'éteignait souvent avant formation complète. J'ai agrandi progressivement les électrodes et suis arrivé à des cylindres creux de cuivre de 25^{mm} de diamètre

(¹) Présentée dans la séance du 15 mai 1911.

sur 60^{mm} de long pour des tubes de 5^{m} de long et 30^{mm} de diamètre, traversés par des courants alternatifs de l'ordre de 0,4A. Ces tubes s'éteignaient encore après 6 à 8 heures de belle luminescence.

J'ai remarqué que ces électrodes chauffaient encore beaucoup, presque jusqu'au rouge vif, et qu'un dépôt métallique détachable en écailles se formait sur le verre à leur voisinage. J'ai noté par exemple un dépôt de 1^{g},6 par électrode pour un fonctionnement de 8 heures. La facile vaporisation des métaux dans ces conditions paraît d'ailleurs, comme me l'a confirmé Sir W. Ramsay, une curieuse caractéristique du néon : en particulier, un tube de Plucker à néon en fonctionnement se platinise en quelques minutes au voisinage des électrodes.

J'ai pensé qu'il pouvait y avoir une corrélation entre cette rapide vaporisation du métal et l'extinction rapide du tube.

J'ai recueilli le dépôt formé, dont l'aspect est celui du cuivre, mais qui est plus cassant; je l'ai traité par l'acide nitrique dans un tube à essai renversé, immergé lui-même dans l'acide nitrique. On recueille toujours ainsi un résidu gazeux insoluble dans l'acide. Avec le dépôt de 1^{g},6 ci-dessus mentionné, j'ai obtenu 2$^{cm^3}$,5 de résidu gazeux. Ce résidu, envoyé dans un tube de Plucker vidé, muni d'un petit récipient à charbon, donne, après immersion de ce dernier dans l'air liquide, et outre le spectre de l'hydrogène, le spectre du *néon* très net et celui très intense de l'*hélium*. La même expérience, répétée sur un fragment de 1^{g},6 de la partie de l'électrode non volatilisée, ne donne que 0$^{cm^3}$,3 de résidu gazeux, et dans ce résidu, traité comme ci-dessus, on distingue faiblement la raie 585,2 du néon, et pas du tout les raies de l'hélium. J'ai d'ailleurs observé que la raie 585,2 apparaît dans un tube de Plucker neuf par simple charge de ce tube avec de l'air atmosphérique et immersion du récipient à charbon dans l'air liquide. Ainsi, les gaz rares recueillis ne provenaient pas des électrodes et l'on peut conclure que, conformément aux prévisions et en dépit de l'inactivité chimique attribuée à ces corps, il y a entraînement et fixation par le métal vaporisé. Ces faits sont à rapprocher de ceux observés par M. Troost au sujet du durcissement rapide des tubes de Plucker à hélium.

Il est remarquable que, dans le résidu gazeux obtenu, l'hélium paraît exister en proportion au moins égale à celle du néon, alors que le gaz employé pour la charge du tube était du néon presque exempt d'hélium. Pour expliquer cette prédominance singulière, on peut admettre que le néon est absorbé en quantité plus grande qu'il ne paraît, mais reste sous

forme de corps dissous lors du traitement par l'acide nitrique. On peut supposer aussi qu'il y a là un effet sélectif remarquable pour le peu d'hélium contenu dans le néon employé. Il y aurait enfin une troisième hypothèse mais qu'on ne pourrait risquer qu'avec des preuves sérieuses à l'appui, c'est que l'hélium résulterait d'une dissociation du néon. Je ne suis pas encore en état d'indiquer laquelle de ces hypothèses est la mieux justifiée.

Au point de vue pratique, puisque la disparition des gaz rares est une conséquence de la vaporisation des électrodes, on augmentera la vie du tube en diminuant cette vaporisation. Or, il suffit pour cela d'augmenter beaucoup les dimensions des électrodes, ce qui montre qu'il s'agit bien d'une vaporisation et non d'un transport d'ordre électrolytique.

C'est ce que j'ai fait, et les électrodes en cuivre des tubes de 35^m de long et 45^{mm} de diamètre que j'ai installés au Grand Palais lors du Salon de l'Automobile avaient une surface de 3^{dm^2} par ampère. L'un de ces tubes a fonctionné 210 heures et l'essai s'est terminé par la rupture accidentelle du tube. La vaporisation pendant ces 210 heures n'a pas été supérieure à $1^g,4$ à chaque électrode pour un poids d'électrode de 400^g.

On pouvait craindre que la durée relativement longue observée ci-dessus n'ait été due à la charge de néon assez grande correspondant à un tube aussi long. Effectivement, les résultats ont été moins bons avec des tubes de 5^m à 6^m munis d'électrodes identiques à celles ci-dessus. Mais en portant la surface des électrodes à 5^{dm^2} par ampère, j'ai pu diminuer encore la vaporisation et enregistrer déjà avec un tube de 6^m une durée de 400 heures, sans autre modification dans le régime qu'une baisse presque insensible, soit 4 pour 100 en tout, de la différence de potentiel aux bornes.

Le problème de la suppression de tout dispositif de rentrée peut donc être considéré comme résolu, et ceci d'une façon d'autant meilleure que contrairement à ce qu'on pouvait craindre, le régime du tube, à différence de potentiel d'alimentation constante, se maintient sans réglage très sensiblement constant pendant toute sa durée. Il est dès lors facile de réaliser des tubes de 5^m ou 6^m dont le rendement est encore excellent, soit 0,8 watt par bougie : ces tubes peuvent être fabriqués en usine avec toutes les facilités désirables et transportés de là sur le lieu d'utilisation au même titre que des lampes à arc et échangées en un instant contre des tubes neufs au moment de leur extinction. C'est un aspect tout nouveau de l'emploi industriel des tubes à gaz raréfiés.

PHYSIQUE. — *Les grandeurs moléculaires (nouvelles mesures).* Note de M. **Jean Perrin**, présentée par M. J. Violle.

L'observation de sphérules qu'agite le mouvement brownien donne, par diverses méthodes, les grandeurs moléculaires (1).

Une de ces méthodes se fonde sur la répartition d'équilibre que prend sous l'action de la pesanteur une émulsion de grains identiques. Si, par exemple, la distance verticale de deux niveaux où les concentrations sont dans le rapport de 1 à 2 est 1 milliard de fois plus faible dans l'émulsion que dans l'oxygène, c'est que le poids de 1 molécule d'oxygène est 1 milliard de fois plus faible que le poids apparent (2), directement mesurable, d'un grain de l'émulsion.

Dans une autre méthode, on mesure les déplacements des grains par mouvement brownien, déplacements qui vérifient l'équation d'Einstein :

$$\xi^2 = \tau \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi a \zeta},$$

ξ^2 désignant le carré moyen de la projection, sur un axe Ox, du déplacement subi, pendant une durée τ, dans un fluide de viscosité ζ, à la température absolue T, d'un sphérule de rayon a, R étant la constante des gaz et N la constante d'Avogadro (nombre de molécules par molécule-gramme).

Enfin une troisième méthode implique la mesure des rotations en un temps donné, rotations qui vérifient une autre équation d'Einstein.

J'avais trouvé, pour la constante d'Avogadro : par la première méthode, $70,5.10^{22}$; par la seconde (en collaboration avec M. Chaudesaigues, puis M. Dabrowski), $71,5.10^{22}$; par la troisième, 65.10^{22}. La première de ces valeurs me semblant la plus sûre, il en résultait pour l'électron une charge de $4,1.10^{-10}$ (unités électrostatiques C. G. S.).

Mais, presque en même temps, des méthodes absolument différentes, fondées les unes sur la radioactivité, les autres sur la charge que peuvent prendre des gouttelettes électrisées, donnaient pour l'électron des valeurs voisines de $4,8.10^{-10}$, supérieures d'environ 15 pour 100 à celle que j'avais trouvée.

J'ai signalé dans l'application de ces méthodes (voir ce Volume, p. 1166)

---

(1) J. Perrin, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, septembre 1909, p. 1-114.

(2) Poids réel, diminué de la poussée hydrostatique.

des causes d'erreur qui peuvent expliquer cet écart. En raison de l'importance qui s'attache à l'exacte détermination des grandeurs moléculaires, j'ai cru nécessaire, de plus, de reprendre mes propres mesures.

Je me suis attaché d'abord à obtenir une émulsion bien *uniforme*. J'ai dissous dans l'alcool 1kg environ de la résine jaune qui forme les $\frac{4}{5}$ de la gomme gutte, et j'ai précipité la solution par addition d'eau. Après avoir laissé l'émulsion déposer les grains les plus gros, j'ai rassemblé, en quelques centrifugations préliminaires, environ 150g de grains ayant un diamètre compris entre $0^{\mu},5$ et 2^{μ}. Ces grains, délayés dans quelques litres d'eau, ont alors été soumis à une centrifugation fractionnée (dont la technique sera donnée ailleurs) qui, poursuivie pendant 4 mois, m'a donné quelques décigrammes de grains suffisamment égaux, les opérations ayant été conduites de façon à obtenir un diamètre voisin de $\frac{3}{4}$ de micron.

La *densité* du verre qui forme ces grains, mesurée (sur des fractions voisines) par les procédés que j'ai indiqués, était de 1,1942, ce qui donne $\frac{4}{3}\pi a^3 . 981 (1,1942 - \delta)$ pour le poids apparent d'un grain, δ étant la densité de l'eau à la température des expériences.

Le *rayon* des grains a été obtenu par plusieurs procédés *indépendants* (ce que je crois indispensable pour des grains aussi petits).

a. Par numération des grains contenus dans un volume connu d'émulsion titrée. Cette numération est possible et précise, parce que, en liqueur très faiblement acide, les grains se collent au verre de la paroi de la préparation sans se coller entre eux : après quelques heures, ils sont tous fixés. J'ai compté 10000 grains en diverses préparations, et trouvé un rayon de $0^{\mu},3667$. *Cette méthode n'a rien à voir avec la loi de Stokes.*

b. Par application de la loi de Stokes (vitesse de chute du nuage formé par les grains dans un long tube vertical), loi valable pour les liquides, comme je l'ai antérieurement établi. Ceci m'a donné le rayon $0^{\mu},368\,[1 \pm 0,01]$.

Le rayon $0^{\mu},367$ a donc été admis ([1]).

Ceci fait, la répartition en hauteur des grains a été étudiée sous le microscope. La concentration en divers niveaux a été notée par photographie instantanée (lumière solaire filtrée par une cuve d'eau). J'ai compté 17000 grains sur 70 clichés, et obtenu ainsi pour la constante N d'Avogadro la valeur $68,3 . 10^{-22}$, ce qui fait pour l'électron $4,25 . 10^{-10}$.

J'ai alors mesuré des déplacements, pour appliquer la formule d'Einstein, plus haut rappelée.

J'observais à immersion, en très faible éclairage, notant soigneusement la tempé-

---

([1]) A titre de simple contrôle, j'ai mesuré, à la chambre claire, la longueur de files de grains paraissant au contact (obtenues par évaporation d'une gouttelette d'émulsion). Cette mesure montra que le rayon était inférieur à $0^{\mu},373$.

rature. L'émulsion était très diluée. Je suivais le premier grain qui se présentait dans le centre du champ, pointant sa position de demi-minute en demi-minute pendant 2 minutes (jamais il n'est sorti du champ pendant ce temps). Je déplaçais de 100 microns la préparation, recommençais dans cette nouvelle région, et ainsi de suite.

La mesure de 1500 segments environ m'a donné $68,8 . 10^{22}$ pour N, ce qui fait pour l'électron $4,21 . 10^{-10}$.

Bref, avec une erreur probablement inférieure à 2 pour 100, le mouvement brownien donne pour l'électron la valeur

$$\mathbf{4,2} . 10^{-10},$$

à peine supérieure à celle que j'avais trouvée. On a vu (ce Volume, p. 1168) que l'électrisation de sphérules *solides* donne le même résultat.

PHYSIQUE. — *La viscosité des émulsions*. Note de M. **Bancelin**, présentée par M. J. Violle.

M. Einstein a indiqué (*Annalen der Physik*, t. XIX, 1906, p. 289) une formule permettant de calculer la viscosité d'une émulsion.

Si l'on considère une émulsion formée d'un liquide dont le coefficient de viscosité est K, contenant en suspension de petites sphères solides, le coefficient de viscosité K' de l'émulsion était d'après les calculs de M. Einstein

$$k' = k(1 + \varphi),$$

φ étant le volume total des sphères solides contenues dans l'unité de volume de l'émulsion [1].

J'ai entrepris la vérification expérimentale de cette formule.

Les expériences ont été faites avec diverses émulsions aqueuses uniformes de gomme gutte préparées par centrifugation fractionnée (méthode de M. Jean Perrin); les rayons des grains sphériques étaient respectivement dans les différentes émulsions $0^{\mu},30$, 1^{μ}, et 2^{μ}; de plus, des expériences ont été faites sur une émulsion aqueuse de mastic avec un rayon de 4^{μ}.

Conformément à la théorie de M. Einstein l'augmentation de viscosité s'est montrée indépendante de la grosseur des grains, et dépendante seulement du volume total des grains par unité de volume.

(1) La démonstration de cette formule repose sur la comparaison des travaux transformés en chaleur dans le mouvement d'un fluide visqueux seul et dans le mouvement de ce même fluide contenant un grand nombre de sphères en suspension.

Mais j'eus la surprise de trouver une augmentation de viscosité beaucoup plus grande que ne l'indiquait la formule. J'écrivis à M. Einstein, qui voulut bien reprendre ses calculs et qui trouva que sa théorie devait en réalité conduire à l'équation

$$k' = k(1 + 2,5\varphi),$$

ce dont il m'avertit aussitôt. Pendant ce temps, j'avais continué mes expériences et trouvé en moyenne

$$k' = k(1 + 2,9\varphi).$$

Par exemple une émulsion de gomme gutte formée de grains de $0^{\mu},30$ de rayon a donné les résultats suivants :

Teneur (en volumes) de l'émulsion.	Coefficient de viscosité.
0	0,01016
0,24	0,01023
0,33	0,01025
0,53	0,01029
0,66	0,01033
1,05	0,01044
2,11	0,01074

(au delà de 3 pour 100 la viscosité croît plus rapidement).

Des émulsions de gomme gutte faites dans un mélange d'eau et de glycérine, dont la viscosité étant 15 fois supérieure à celle de l'eau, se conduisirent d'une façon identique.

Une solution colloïdale de bleu de méthylène a donné des résultats analogues.

Enfin, la viscosité de dissolutions de sucre ou de glycérine dans l'eau est représentée par une formule analogue. Mais les dissolutions de phénol, d'urée et des dissolutions salines ont un coefficient de viscosité beaucoup moindre.

Quand on extrapole aux solutions la formule donnant le coefficient de viscosité d'une émulsion et celle (également due à M. Einstein) qui donne le coefficient de diffusion d'une émulsion, extrapolation raisonnable dans le cas de grosses molécules, on peut calculer le nombre N de molécules par molécule-gramme. Le calcul effectué pour une solution de sucre à 1 pour 100, avec la formule trouvée expérimentalement, donne $N = 70.10^{22}$, pratiquement identique à la valeur $68,5.10^{22}$ donnée par M. Jean Perrin et par M. Roux.

PHYSIQUE. — *Le rayonnement du rubidium.* Note de M. E. **Henriot**, présentée par M. J. Violle.

La nature de ce rayonnement était restée assez mal connue à la suite des expériences effectuées précédemment sur ce sujet par N. Campbell [1] et par moi [2]. Je pense que le contenu de cette Note contribuera à éclaircir la question.

L'émission du rubidium est assez intense pour donner des courants électrométriquement considérables; des mesures faites avec soin m'ont montré qu'une surface de 971^{cm^2} de sulfate de rubidium débite un courant de $3,64.10^{-13}$ ampère, alors que dans les mêmes conditions le sulfate de potassium débite un courant de $2,74.10^{-13}$ ampère.

Dans le cas du rubidium, les rayons sont donc plus intenses, mais ils sont beaucoup moins pénétrants, ce qui rend assez difficile l'étude de leur courbe de pénétration.

Si, comme dans les expériences citées plus haut, on étudie le rayonnement du sulfate disposé en couches d'épaisseur variable pour déterminer le coefficient d'absorption des rayons, on se heurte à des difficultés très grandes : pour mettre en œuvre ce procédé, il faut en effet réaliser des couches de sel bien uniformes contenant par centimètre carré 1^{mg} ou 2^{mg} seulement de matière. Les résultats sont peu précis et déterminent mal la loi d'absorption.

Les feuilles d'étain sont trop fortement absorbantes pour qu'on puisse déterminer beaucoup de points de la courbe de pénétration, l'aluminium très mince ne se rencontre pas en feuilles de dimensions suffisantes. J'ai trouvé comme convenant bien au but que je me proposais des feuilles de papier très mince, bien homogènes, de la consistance du papier à cigarettes.

Les mesures ont porté sur un échantillon de chlorure bien pur.

Un dosage au chlorure d'argent m'a fourni en effet, pour le poids atomique du rubidium qui y est contenu, un nombre différant seulement de quelques millièmes du poids atomique exact.

Si l'on appelle p le poids d'écran au centimètre carré, I_p l'intensité de la radiation qui le traverse, on obtient les nombres suivants :

p	0	0,00153	0,00305	0,00458	0,00764	0,0107	0,0153	0,0198
$\frac{I_p}{I_0}$	1	0,725	0,545	0,422	0,260	0,159	0,087	0,034

(1) N. Campbell, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 23 février 1909.

(2) E. Henriot, *Le Radium*, février 1910.

La courbe tracée en portant p en abscisses et en ordonnées $\log \frac{I_p}{I_0}$ est très sensiblement rectiligne et montre qu'on a affaire à des rayons pratiquement homogènes. Cependant, si l'on calcule le coefficient d'absorption au moyen de la formule

$$\frac{\lambda}{\rho} = \frac{1}{p} \log \text{nép} \frac{I_0}{I_p},$$

on trouve que ce coefficient diminue à mesure que l'épaisseur traversée augmente.

Une seule exponentielle ne suffit donc pas à rendre compte de la loi d'absorption.

La formule

$$\frac{I_p}{I_0} = 0,90 e^{-162p} + 0,10 e^{-950p}$$

représente bien le résultat des mesures. Elle montre, comme dans le cas du potassium, que la plus grande partie des rayons ne peut se confondre avec un rayonnement α. Le rayonnement plus absorbable qui intervient seulement au taux de 10 pour 100 pourrait être composé de rayons α, mais l'examen du sel ne m'a pas permis de mettre de tels rayons en évidence par leurs scintillations.

J'ai répété ces expériences sur un échantillon de sulfate qui m'a paru moins pur : j'ai dosé à deux reprises son acide sulfurique par le sulfate de baryum et j'ai trouvé un nombre trop fort indiquant la présence de 3,5 pour 100 de sulfate de potassium.

Les nombres obtenus diffèrent de quelques pour 100 des résultats précédents :

p.....	0	0,00153	0,00305	0,00458	0,00764	0,0107	0,0153	0,0198
$\frac{I_p}{I_0}$.....	1	0,760	0,570	0,454	0,301	0,186	0,114	0,060

La courbe en coordonnées logarithmiques est moins rectiligne que la précédente. En tenant compte de la présence du potassium mesurée, les résultats deviennent parfaitement concordants.

La loi d'absorption par l'étain conduit à la même conclusion : rayons pratiquement homogènes et coefficient d'absorption moyen $\frac{\lambda}{\rho} = 159$.

Dans le but de mettre en évidence l'atomicité du phénomène, j'ai comparé entre eux un certain nombre de sels : sulfate, chlorure, iodure, nitrate, alun provenant de sources différentes et ayant subi des traitements variés. Il y a une assez bonne proportionnalité entre le rayonnement et le pourcentage en rubidium.

La teneur en métal variant de 1 à 5, le rapport du courant mesuré à la teneur varie seulement de 63 à 80. L'écart est maximum pour l'iodure et pour l'alun et provient vraisemblablement de la variation du rapport $\frac{\lambda}{\rho}$, quand on passe d'un sel à l'autre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mode de dissolution des matières colloïdales.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. A. Haller.

L'observation des phénomènes qui se passent pendant la dissolution de certains corps colloïdaux permet de fixer plusieurs points intéressants de la constitution de ces solutions.

Suivons progressivement la manière dont s'opère la dissolution en plaçant dans un vase rempli de benzine un petit morceau de caoutchouc. La benzine pénètre par diffusion lente dans le caoutchouc en le gonflant; ce dernier étant très élastique peut augmenter considérablement de volume sans se désagréger; néanmoins sa limite d'élasticité se trouve atteinte pour une certaine augmentation de volume; à ce moment, si la benzine tend à pénétrer dans la masse solide, celle-ci se rompt en morceaux d'abord assez volumineux, puis de plus en plus petits, jusqu'à devenir invisibles à l'œil nu; on dit alors que le caoutchouc est dissous.

La désagrégation de caoutchouc ne peut pas se poursuivre à l'infini. Lorsque la particule solide-liquide en suspension dans la benzine va en diminuant de diamètre, la tension capillaire à la surface de séparation va en croissant et s'ajoute à la résistance à l'allongement du caoutchouc pour faire équilibre à l'attraction existant entre lui et la benzine; de telle sorte qu'un état d'équilibre s'obtient pour une certaine dimension des particules solides-liquides ou micelles, lesquelles se diffusent à leur tour dans la masse de benzine en excès.

Si, au lieu de prendre de la benzine, nous avions employé du pétrole, par exemple, nous aurions obtenu le gonflement du caoutchouc, mais sans la désagrégation, la solubilité du pétrole dans le caoutchouc étant plus faible que celle de la benzine et la résistance à l'allongement du caoutchouc étant suffisante pour équilibrer ses effets.

La benzine se comporte vis-à-vis du caoutchouc, dont les propriétés mécaniques ont été modifiées par la vulcanisation, comme le pétrole dans le cas précédent.

Les mêmes remarques peuvent se faire sur la gélatine ordinaire et la

gélatine insolubilisée à l'égard de l'eau et sur d'autres colloïdes, bien qu'à des degrés moindres au point de vue de la variation de volume à l'état solide.

On peut donc conclure de ce qui précède qu'une solution colloïde est un système plus complexe qu'une solution ordinaire et qu'elle *est formée par un liquide tenant en suspension des particules solides-liquides où l'attraction entre le liquide et le solide est équilibrée par la somme de la tension élastique du solide et de la tension superficielle.*

On conçoit que les lois de Raoult ne peuvent être applicables à de telles solutions et que les poids moléculaires considérables que la cryoscopie et l'ébullioscopie donnent pour les corps colloïdaux ne correspondent à rien de réel, puisque les particules colloïdales ne sont pas dans la solution à l'état moléculaire et que le groupement ainsi obtenu ne nécessite pas qu'il y ait polymérisation de la substance.

Cette constitution des solutions colloïdales conduit à considérer les particules solides-liquides en suspension comme des cellules spongieuses dans lesquelles le liquide dissous a pénétré par osmose et peut en sortir de la même manière si la nature du liquide extérieur varie. Ainsi pourrait s'expliquer, en l'absence d'autres actions connues, la coagulation obtenue dans une solution colloïdale par introduction d'un sel soluble qui change les tensions osmotiques du liquide où les cellules sont plongées. (Coagulation des solutions aqueuses de savon par un sel soluble dans l'eau, etc.)

On s'expliquera également le fait, quelquefois observé, que la partie coagulée entraîne avec elle une certaine quantité du corps qui a produit la coagulation et qui a pénétré dans les micelles par osmose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La constitution de l'eau.* Note de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. P. Villard.

Röntgen a montré que les diverses anomalies présentées par les propriétés physiques de l'eau, anomalies qui en font un liquide exceptionnel (accroissement de volume au moment de la congélation, maximum de densité, minimum de compressibilité, variations de la viscosité) peuvent être expliquées par la supposition suivante : au lieu que la glace se forme uniquement à 0°, comme il semble qu'elle le fasse, elle existerait déjà dans l'eau à la température ordinaire : l'eau serait non pas un liquide homogène, ne contenant de molécules que d'une espèce, mais plutôt une solution. Les constituants de cette solution seraient d'une part (corps dissous) des molécules de glace, c'est-à-dire d'eau polymérisée; d'autre part (solvant) un

liquide idéal, ne pouvant exister à l'état pur sans se polymériser aussitôt en partie, que Sutherland a nommé *hydrol* et qui est formé de molécules plus simples que celles de la glace. Dans la conception de Röntgen, aujourd'hui universellement admise, l'eau est une solution de glace dans l'hydrol.

On ne connaîtra donc la constitution de l'eau que si l'on peut déterminer la nature de ces molécules de glace dissoute $(H^2O)^n$, c'est-à-dire leur degré de polymérisation n, et leur proportion dans l'eau à toute température. Cette détermination a été tentée par un grand nombre de procédés (Ramsay et Shielos; D. Berthelot; Sutherland; Van Laar; Th. Müller; Ph. A. Guye, etc.); les résultats ne sont pas concordants, mais la conclusion la plus généralement admise est que la molécule de glace est $(H^2O)^3$. J'ai repris l'étude de cette question par des méthodes que je crois nouvelles, et qui m'ont conduit à un résultat différent.

1. Par suite de l'inégale densité de la glace dissoute et de l'hydrol, les proportions relatives des deux constituants de l'eau, contenue par exemple dans un long tube vertical, doivent varier avec la hauteur : la glace, plus légère, doit venir s'accumuler à la surface et se raréfier dans le fond.

Or les conditions de l'équilibre entre la glace et l'hydrol sont partout les mêmes dans le tube (si nous y supposons la température uniforme), sauf en ce qui concerne la pression qui est plus grande au fond. La pression dépolymérise donc partiellement la glace dissoute en la transformant en hydrol, et le raisonnement que je viens de faire nous permet de calculer dans quelle mesure, si M est le poids moléculaire de la glace, c la concentration moléculaire de cette glace et P la pression en atmosphères, nous aurons à 0° :

$$\frac{dc}{c} = -4{,}5 \,.\, 10^{-5} M \, dP. \tag{1}$$

Considérons maintenant l'effet d'une variation de température. D'une part, elle dilate l'hydrol, ce qui tend à produire un accroissement du volume total; d'autre part, elle dépolymérise une certaine quantité de glace, qui diminue de volume en se transformant en hydrol, tendant ainsi à la contraction de l'ensemble; au-dessous de 4°, c'est ce second effet qui l'emporte et une élévation de température contracte l'eau au lieu de la dilater. Le contraire a lieu au-dessus de 4°, ou aussi sous une forte pression, car alors l'eau contenant, comme nous venons de le voir, une quantité moindre de glace, l'effet dû à la dépolymérisation de cette glace devient plus petit. On conçoit que l'étude de la variation du coefficient de dilatation de l'eau avec la pression puisse servir à déterminer les variations de la quantité de glace dissoute;

en effectuant les calculs et tenant compte de l'équation (1), on trouve que, si α est le coefficient de dilatation (inconnu) de l'hydrol, on doit avoir

$$(2) \qquad \frac{0,97\,\alpha}{\alpha + 68.10^{-6}} = 1 - 0,000\,785\,\mathrm{M}.$$

La discussion montre que α doit être compris entre 0,0004 et 0,0006; on aura donc

$$164 < \mathrm{M} < 218,$$

ce qui conduit à admettre pour la polymérisation de la molécule de glace un nombre voisin de $(H^2O)^9$ ($M = 162$) ou $(H^2O)^{12}$ ($M = 216$).

2. Nous venons d'étudier la variation de la dilatation de l'eau avec la pression; nous pouvons traiter par un calcul exactement semblable les variations de la compressibilité avec la température. En désignant par β la compressibilité (inconnue) de l'hydrol, nous obtenons ainsi

$$(3) \qquad -\frac{1}{c}\frac{dc}{d\mathrm{T}} = \frac{4 + 0,002\,\beta}{530 - \beta}.$$

Si q est la chaleur de dépolymérisation de la glace dissoute (quantité différente de la chaleur de fusion de la glace solide), nous avons aussi la relation de Van 't Hoff

$$(4) \qquad -\frac{1}{c}\frac{dc}{d\mathrm{T}} = \frac{q}{2\mathrm{T}^2}.$$

Enfin, l'étude de la chaleur spécifique de l'eau conduit à la relation approchée

$$(5) \qquad -\frac{1}{c}\frac{dc}{d\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{M}}{2q}.$$

Les trois relations (3), (4), (5) suffisaient à fixer M et q si nous connaissions β. La discussion montre que β est compris entre 300 et 400.10^{-7}; on en tire

$$120 < \mathrm{M} < 410,$$

ce qui nous donne les limites $(H^2O)^6$($M = 108$) et $(H^2O)^{23}$($M = 414$). Ces limites comprennent entre elles celles trouvées par la première méthode, tout à fait différente.

3. L'hypothèse de Röntgen conduit à représenter la dilatation de l'eau (1) par une expression de la forme

$$\mathrm{V} = a + b\mathrm{T} + c\mathrm{T}^2 + d\mathrm{T}^3 + \ldots + k\mathrm{T}^{-\delta}\, e^{\frac{\alpha}{\mathrm{T}^3} + \frac{\beta}{\mathrm{T}^2} + \frac{\gamma}{\mathrm{T}} - \zeta\mathrm{T}},$$

(1) J. DUCLAUX, *Société de Physique*, 18 novembre 1910.

les termes paraboliques représentant la dilatation de l'hydrol et les termes exponentiels l'excès du volume de la glace dissoute sur celui de l'hydrol qu'elle donnerait en se dépolymérisant. La constitution de l'eau serait connue pour toute température si nous connaissions les valeurs des constantes $a, b, c, \ldots, \alpha, \beta, \gamma, \ldots$. Ces valeurs ne sont pas connues, mais la discussion, dont on trouvera le détail autre part, montre qu'on peut les fixer approximativement sans faire aucune hypothèse, et nous obtenons ainsi pour la température de 0°, en désignant par b le nombre de grammes de glace dissous dans 1l d'eau,

$$G = 183, \qquad \alpha = 0,000\,46, \qquad -\frac{1}{c}\frac{dc}{dT} = 0,026,$$

nombres en très bon accord avec ceux fournis indépendamment par les deux premières méthodes

$$G = 206, \qquad \alpha = 0,000\,48, \qquad -\frac{1}{c}\frac{dc}{dT} = 0,023.$$

4. En combinant les résultats de la formule de dilatation avec ceux que donne l'étude de la chaleur spécifique de l'eau, on a une troisième méthode pour déterminer la polymérisation de la glace. Cette méthode ne comporte aucune hypothèse, si ce n'est que la chaleur spécifique de la glace dissoute est 0,6 environ et croît très lentement avec la température : on trouve ainsi que la molécule de glace est $(H^2O)^{12}$.

Les méthodes dont je viens de donner le principe concordent donc pour attribuer à la glace un degré de polymérisation supérieur à celui qu'on admet d'ordinaire. Je dois dire cependant que les calculs ont été faits en supposant que la glace gardait sa densité en solution ; si elle devient plus légère, comme l'a supposé Sutherland, il est possible que son poids moléculaire descende jusqu'à $108[(H^2O)^6]$. Les méthodes conservent dans ce cas toute leur valeur, et seuls les résultats numériques seraient à retoucher : il n'y a pour le moment aucune raison absolument décisive de le faire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les pyridinopentachloro-iridites.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. Armand Gautier.

En raison de la facilité avec laquelle la pyridine se substitue à l'eau des iridodisulfates ([1]), j'ai pensé qu'elle pourrait aussi se substituer à l'eau des

([1]) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 878.

aquopentachloro-iridites $[Ir(H^2O)Cl^5]M^2$ dont j'ai établi antérieurement la formule ([1]). En fait, cette substitution se produit lentement à la température ordinaire, en quelques minutes à 100°; elle engendre principalement, à côté de faibles quantités de produits non étudiés, une nouvelle série de sels complexes, les *pyridinopentachloro-iridites* dimétalliques $[Ir(C^5H^5N)Cl^5]M^2$.

Les mêmes sels s'obtiennent également si, au lieu des aquopentachloro-iridites, on prend des *hexachloro-iridites* $IrCl^6M^3$; toutefois, comme les hexachloro-iridites de K, Rb, Cs, NH^4 subissent en solution aqueuse une décomposition en sel aquo et chlorure alcalin :

$$IrCl^6M^3 + H^2O = Ir(H^2O)Cl^5M^2 + ClM,$$

on pourrait croire que la pyridine ne s'introduit dans leur molécule que parce que celle-ci se change d'abord en aquopentachloro-iridite; le second mode de formation ne serait alors qu'une variante du premier. Cette opinion ne saurait se soutenir, car le pyridinopentachloro-iridite dipotassique se forme encore si l'on ajoute à l'hexachloro-iridite tripotassique une dose de chlorure de potassium capable d'enrayer la décomposition en sel aquo. De plus, le sel de sodium pyridiné se forme également à partir de $IrCl^6Na^3$ qui ne subit pas cette décomposition ([2]).

Les pyridinopentachloro-iridites ont donc deux modes de formation réels : remplacement par une molécule de pyridine de la molécule d'eau des aquopentachloro-iridites, ou d'une molécule de chlorure alcalin des hexachloro-iridites :

$$Ir(H^2O)Cl^5M^2 + C^5H^5N = Ir(C^5H^5N)Cl^5M^2 + H^2O$$

et

$$IrCl^6M^3 + C^5H^5N = Ir(C^5H^5N)Cl^5M^2 + ClM.$$

J'ai préparé par action directe de la pyridine, les pyridinopentachloro-iridites de K, Na et NH^4. L'opération à chaud nécessite certaines précautions qui consistent à faire agir sur les chloro-iridites dissous la pyridine à dose assez massive pour que la substitution soit rapide et aussi complète que possible, puis à éliminer l'excès de pyridine non moins rapidement, afin d'éviter des substitutions plus avancées qui conduisent à des produits résineux amorphes. On reprend les masses évaporées par de l'alcool bouillant à un degré approprié, puis on fait recristalliser dans l'eau les cristaux déposés par refroidissement. A froid, la substitution se constate aisément après

([1]) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1268.
([2]) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. III, 1908, p. 906.

une semaine, mais au bout d'un mois elle est encore incomplète. Elle est accompagnée comme à chaud de produits accessoires; bien entendu, il faut chasser la pyridine en excès à froid par évaporation dans le vide si l'on veut que cette expérience ait toute son importance relativement à l'affirmation de la réaction à froid. On reprend ensuite par de l'alcool bouillant comme plus haut.

Les pyridinopentachloro-iridites de K, Na, NH^4 sont bien cristallisés; leur couleur va du jaune orangé pâle au rouge grenat, suivant la taille des cristaux (celui de K peut s'obtenir en tables rouges, presque rectangulaires, biseautées, de plus de 1^{cm} de côté); ils sont très solubles dans l'eau, moins dans l'eau alcoolisée, insolubles ou à peine solubles dans l'alcool absolu. Leurs solutions, sous une épaisseur de 2^{cm}, sont encore jaunes à une dilution de $\frac{1}{2500}$; elles sont orangées, puis rouges, si elles sont très concentrées.

Les pyridinochloro-iridites alcalins ci-dessus ne précipitent que par les sels de Tl, Ag, Hg′ et Hg″, si toutefois ce dernier est pris sous forme de nitrate. Le chlorure mercurique ne précipite pas; le chlorure de sodium redissout même instantanément le précipité formé dans la solution de nitrate mercurique. Les sels de Tl et Pb sont cristallisés, de couleur jaune orangé pâle ou orangée; celui de Hg′ est jaune, amorphe (de composition variable par suite de l'entraînement d'un peu de nitrate mercureux basique); celui de Hg″ est amorphe, jaune orangé. Le sel d'Ag est blanc jaunâtre, amorphe, mais il se dissout très aisément dans l'ammoniaque et celle-ci abandonne ensuite des cristaux orangés de formule $[Ir(C^5H^5N)Cl^5](NH^3Ag)^2, H^2O$. Ces cristaux perdent à l'air en 4-5 jours toute leur ammoniaque et leur eau en se transformant épigéniquement en sel d'argent de couleur jaune verdâtre.

Les sels de Rb et Cs existent aussi; mais je n'ai pu encore les obtenir parfaitement purs.

Les pyridinopentachloro-iridites sont susceptibles de perdre un atome de métal M′ sous l'influence du chlore, de l'acide nitrique, de l'eau régale, en donnant une nouvelle série qui sera décrite prochainement, les *pyridinopentachloro-iridates* $Ir(C^5H^5N)Cl^5M$. D'autres oxydants, $HCl + H^2O^2$, CrO^3, $Fe(CN)^6K^3$, Br, sont sans effet; le chlorure aurique produit à chaud la coloration rose des pyridinopentachloro-iridates, mais la couleur jaune primitive se reproduit pendant le refroidissement.

Les pyridinopentachloro-iridites alcalins sont très stables. Les acides étendus, même à chaud, ne les altèrent pas. SO^4H^2 concentré, à 100°, les dissout, puis laisse séparer une poudre jaune, si l'on dilue, mais il n'enlève pas la pyridine.

Les alcalis étendus, à froid, sont sans effet spécial; à chaud, ils n'expulsent pas de pyridine, mais font virer la teinte à un jaune plus franc et l'on peut alors constater que l'acide chlorhydrique forme un pyridinopentachloro-iridate; il est vraisemblable qu'il s'est formé quelque oxyde d'iridium pyridiné qui s'est suroxydé, puis est passé à l'état de composé chloré lors de l'addition de l'acide.

H^2S, même à chaud, ne forme de sulfure d'iridium qu'au bout d'un temps considérable, mais Na^2S expulse toute la pyridine si l'on fait bouillir quelques heures.

Tous ces caractères font ressortir la stabilité remarquable des pyridino-pentachloro-iridites.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur quelques nouveaux dérivés complexes de l'iridium : iridotétrachloroxalates et tétrachloro-iridites.* Note de M. **A. Duffour**, présentée par M. A. Haller.

On sait [1] que si l'on soumet à l'ébullition une solution renfermant, avec de l'oxalate neutre potassique, du chloro-iridite de potassium $IrCl^6K^3$, il y a échange partiel des radicaux C^2O^4 et Cl^2. Cette réaction fournit toujours et uniquement, quelle que soit la proportion des substances réagissantes, l'iridodichloroxalate tripotassique $IrCl^2(C^2O^4)^2K^3$, sel intermédiaire entre le chloro-iridite et l'iridoxalate $Ir(C^2O^4)^3K^3$. L'existence de ce sel fait prévoir celle d'un autre composé intermédiaire, plus voisin du chloroiridite, l'iridotétrachloroxalate $IrCl^4(C^2O^4)K^3$ que, grâce à l'emploi des sels sodiques, je suis parvenu à isoler.

Sel sodique. — Versons en effet dans une solution chaude de chloro-iridate disodique $IrCl^6Na^2, 6H^2O$, de l'oxalate neutre de sodium. Après une vive effervescence et un verdissement de la liqueur qui manifestent la transformation du chloro-iridate en chloro-iridite, l'ébullition se poursuivant, la teinte redevient rouge. La liqueur, concentrée à chaud, puis refroidie, abandonne des cristaux de chlorure de sodium et même d'oxalate, si ce dernier sel a été mis en excès. Ce dépôt étant séparé par décantation, la solution évaporée s'épaissit, mais ne cristallise pas. Il résulte visiblement de ce qui suit que cette liqueur n'est autre que la solution aqueuse de l'iridotétrachloroxalate trisodique $IrCl^4(C^2O^4)Na^3$ formé dans la réaction

$$2\,IrCl^6Na^2 + 3\,C^2O^4Na^2 = 2\,IrCl^4(C^2O^4)Na^3 + 4\,NaCl + 2\,CO^2.$$

Sel potassique. — Ce sel sodique, en effet, se transforme aisément dans le sel potassique correspondant par simple échange des métaux alcalins : il suffit d'ajouter à la liqueur incristallisable précédente un excès de chlorure

(1) M. Vèzes et A. Duffour, *Iridodichloroxalates* (*Bull. Soc. ch.*, 4e série, t. V, 1909, p. 869).

de potassium et de l'abandonner ensuite à l'évaporation, pour voir bientôt se former de nombreuses lamelles ou aiguilles, d'une couleur rouge brun foncé, presque noires, qu'on purifie par de nouvelles cristallisations.

Ces cristaux, en forme de prismes orthorhombiques, très dichroïques et assez fortement biréfringents, constituent, d'après les analyses qui en ont été faites, l'iridotétrachloroxalate tripotassique monohydraté

$$IrCl^4(C^2O^4)K^3, H^2O.$$

Ce sel est un composé défini, sa composition n'étant modifiée, ni par un changement dans la proportion des matières ayant servi à le préparer, ni même par dissolution ou cristallisation. Comme d'autre part sa solution n'offre ni les caractères des oxalates (pas de précipité avec les chlorures alcalino-terreux), ni ceux des chlorures (avec l'azotate d'argent précipité qui n'est pas le chlorure), cette combinaison se range parmi celles désignées sous le nom de *complexes*.

Sel d'argent. — L'addition de nitrate d'argent en léger excès, à une solution froide du sel potassique, fournit en effet un abondant précipité de couleur marron très clair, aisé à séparer par filtration de l'eau-mère complètement décolorée; après lavages répétés à l'eau chaude et dessiccation, ce précipité laisse une masse amorphe, friable, à peu près insoluble dans l'eau et qui constitue l'iridotétrachloroxalate triargentique anhydre $IrCl^4(C^2O^4)Ag^3$. Un contact prolongé avec l'eau pure finit par lui donner une texture cristalline en même temps qu'une teinte plus foncée.

Ce sel d'argent, beaucoup mieux que le sel sodique primitif, permet d'obtenir, par double décomposition avec les divers chlorures alcalins, les iridotétrachloroxalates correspondants (Rb, Cs, NH^4). Ce sont des sels monohydratés, aisément solubles dans l'eau, qui affectent, comme le sel potassique, la forme d'aiguilles orthorhombiques, très dichroïques et qui vraisemblablement sont isomorphes de ce dernier.

Acide iridotétrachloroxalique. — Mais le composé de beaucoup le plus intéressant que permet d'isoler le sel argentique, c'est l'acide correspondant $IrCl^4(C^2O^4)H^3$. Versons sur ce sel la quantité équivalente d'acide chlorhydrique en solution aqueuse froide, à peu près normale, et séparons par filtration la liqueur fortement colorée en rouge, du chlorure d'argent qui s'est formé; cette liqueur, rapidement évaporée par le vide sur l'acide sulfurique, cristallise incomplètement et présente, disséminées dans une masse amorphe brun rouge, un grand nombre de lamelles cristallines, à contour hexagonal allongé, dichroïques et rappelant à s'y méprendre, par tous leurs

caractères, certaines formes du sel potassique. Ces lamelles représentent vraisemblablement l'acide iridotétrachloroxalique sous son état cristallisé. La liqueur qui les a fournies présente en effet une réaction fortement acide et déplace de leurs sels non seulement l'acide carbonique, mais aussi l'acide chlorhydrique lui-même : au contact de cette solution le chlorure de potassium est transformé en aiguilles d'iridotétrachloroxalate.

Acide tétrachloro-irideux. — L'acide précédent est très instable. Si l'on essaie, après la première dessiccation, de le faire recristalliser, on n'obtient plus, au sein d'une matière brun rouge verdâtre incristallisable, que des aiguilles incolores d'acide oxalique; il ne se produit en même temps aucun départ de chlore, ni d'acide chlorhydrique, même si l'on a pris soin de laisser la matière, plusieurs jours durant, dans le vide, sur la potasse caustique. Ceci nous conduit à admettre le mode suivant de décomposition

$$IrCl^4(C^2O^4)H^3 = C^2O^4H^2 + IrCl^4H.$$

Les faits suivants viennent à l'appui de cette hypothèse. Ajoutons à la masse dissoute du carbonate de baryum précipité, une vive effervescence se produit, l'acide oxalique transformé en oxalate de baryum insoluble, se sépare aisément de la liqueur rouge qui, évaporée à sec, fournit des écailles brillantes, déliquescentes d'une matière incristallisable dont la composition répond à la formule $(IrCl^4)^2Ba$. La combinaison $IrCl^4H$, prévue dans l'équation ci-dessus, existe donc et constitue un véritable acide monobasique, très stable. Nous le désignerons sous le nom d'*acide tétrachloro-irideux*, le rapprochant ainsi de l'acide hexachloro-irideux qui se rattache comme lui à l'iridium trivalent et dans lequel il se transforme d'ailleurs aisément par simple addition d'acide chlorhydrique.

Une autre raison de croire à l'existence de ce nouvel acide, c'est que son sel barytique donne avec le nitrate d'argent un précipité brun verdâtre assez clair qui n'est nullement le chlorure d'argent, mais un composé irido-argentique. Le sel de baryum, ayant tout son chlore dissimulé, ne saurait être un sel double; c'est un vrai sel complexe.

Ainsi donc : 1° Il est possible de passer des chloro-iridites $IrCl^6M^3$ aux iridoxalates $Ir(C^2O^4)^3M^3$ par substitution progressive du radical oxalique C^2O^4 au chlore Cl^2; l'analogie de constitution de ces deux types importants de combinaison ressort nettement de ce fait.

2° Aux types déjà connus de combinaisons complexes chlorées de l'iridium, il semble bien qu'on puisse adjoindre un type nouveau, les tétrachloro-iridites $IrCl^4M$. Ces sels rapprocheraient une fois de plus l'iridium

de ces autres métaux trivalents qui lui ressemblent à tant d'égards, l'aluminium, le fer, le chrome et qui, eux aussi, donnent de telles combinaisons.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Phosphates d'uranyle et d'amines.* Note de M. L. **Barthe**, présentée par M. A. Haller.

Il n'est pas à notre connaissance qu'on ait préparé des combinaisons minéro-organiques d'uranium autres que celles décrites par Carson et Norton ([1]), correspondant aux formules $2C^3H^9N + H^2U^2O^7$, $2C^2H^7N + H^2U^2O^7$, $2CH^5N + H^2U^2O^7$, composés qu'on peut considérer comme des diuranates de triméthylamine, d'éthylamine et de méthylamine en les rapprochant de la formule du diuranate de calcium CaU^2O^7, obtenue antérieurement par Ditte ([2]).

Nous avons pu obtenir très facilement, et d'une façon uniforme, les phosphates d'uranyle et de méthylamine, d'uranyle et d'éthylamine, d'uranyle et de triméthylamine, en saturant une solution aqueuse d'acide orthophosphorique par un très grand excès de l'amine dont on veut obtenir la combinaison, et ajoutant à cette solution, en agitant continuellement, une solution d'acétate d'uranium versée goutte à goutte. Il se forme un précipité colloïdal, homogène, jaune pâle, qui se dépose très lentement, et qu'on lave par décantations successives avec de l'eau saturée de l'amine, puis avec de l'alcool, en ayant soin de l'agiter chaque fois avec ces véhicules. Le lavage de ces combinaisons ne sera pas fait sur filtre, à cause des fausses routes qui se produisent dans la lixiviation, et qui empêchent un lavage complet. On achève de dessécher les précipités sur plaques poreuses sous la cloche à acide sulfurique.

Les combinaisons ainsi obtenues sont très stables : elles ne se dissocient pas à l'étuve à 100°. Par la dessiccation, elles prennent l'aspect corné des composés gélatineux déshydratés, et elles ne se pulvérisent bien que lorsqu'elles sont complètement desséchées. A cet état seulement, leur composition est constante.

L'équation générale de préparation de ces nouvelles combinaisons

---

([1]) Carson et Norton, in *Beilstein*, 3e édit., p. 1119, 1120.

([2]) Ditte, in *Dict. Wurtz*, 2e Suppl., p. 923.

minéro-organiques est la suivante :

$$PO^4H^3(Am)^3 + UO^2(C^2H^3O^2)^2 = AmUO^2HPO^4 + 2AmC^2H^4O^2.$$

Elles se forment donc par double décomposition, ce qui les distingue théoriquement des substances chimiques colloïdales ; en particulier leur composition est indépendante de la concentration des substances qui leur donnent naissance.

Nous avons préparé :

Le phosphate d'uranyle et de méthylamine, $CH^3NH^3UO^2PO^4$.

Le phosphate d'uranyle et d'éthylamine, $C^2H^5NH^3UO^2PO^4$.

Le phosphate d'uranyle et de triméthylamine, $(CH^3)^3NH\,UO^2PO^4$.

Pour déterminer la composition de ces combinaisons, et établir leur formule, nous avons dosé l'uranium par la méthode de Pisani, en obtenant le pyrophosphate d'uranyle, $UO^2P^2O^7$, qui renferme 66,85 d'uranium pour 100. En incinérant ces combinaisons organo-métalliques on obtient un résidu grisâtre : il est indispensable de procéder à deux ou trois incinérations successives après avoir humecté le résidu avec de l'acide nitrique : dans ces conditions on peut effectuer l'incinération sur un brûleur à gaz, et l'on obtient un pyrophosphate d'uranyle de couleur uniforme jaune serin.

L'azote a été dosé par la méthode volumétrique de Dumas.

Les analyses effectuées montrent bien que l'on a affaire aux combinaisons dont la formule a été décrite plus haut, combinaisons bien définies, qui n'appartiennent pas au groupe des colloïdes qui n'ont pas de composition constante.

Cet aspect colloïdal, cette gélatinisation est peut-être due à l'ion uranium très élevé (239). On sait en effet que les ions produisent la coagulation d'autant plus facilement que leur valeur est plus élevée.

D'ailleurs ces combinaisons prennent encore naissance dans les solutions chaudes et même bouillantes des corps réagissants, et elles conservent toujours leur aspect colloïdal. Elles sont insolubles dans l'eau froide qui prend une couleur opaline jaunâtre, comme si elle renfermait du soufre colloïdal. Déshydratées elles donnent des poudres de couleur jaune serin se dissolvant très facilement dans les acides minéraux étendus, surtout à chaud, en fournissant une solution limpide et jaunâtre.

La méthode qui nous a permis de préparer ces nouvelles combinaisons, appliquée aux bases terreuses, donne lieu à la production de nouvelles séries de composés minéro-organiques que nous analysons en ce moment.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des alcalis sur les chloraloses.*
Note de MM. **M. Hanriot** et **A. Kling**, présentée par M. A. Gautier.

Lorsqu'on fait agir à chaud une solution aqueuse de potasse ou de soude sur un chloralose, la solution brunit immédiatement et l'on obtient un chlorure alcalin en même temps que les produits de décomposition par les alcalis du sucre qui entrait dans la constitution du chloralose.

En milieu anhydre, on évite l'hydrolyse du chloralose; la potasse enlève du chlore sans détruire entièrement la molécule. Voici comment il convient d'opérer. On sature de gaz ammoniac de l'alcool méthylique parfaitement desséché; on y dissout $\frac{1}{4}$ de son poids de *p*-chloralose et l'on chauffe 4 à 5 heures en tubes scellés. A l'ouverture des tubes, il n'y a pas de pression; le liquide a bruni et sent fortement l'acétamide; il y a, en outre, un dépôt abondant de chlorure d'ammonium. On le sépare, on évapore à sec, on reprend par l'alcool éthéré qui abandonne encore du chlorure d'ammonium, puis on purifie la partie dissoute par des cristallisations répétées. Finalement, on obtient de belles aiguilles incolores, fondant à 156° et représentant 20 pour 100 du poids du chloralose.

Comme l'analyse avait montré que ce corps renferme encore les $\frac{2}{3}$ du chlore du chloralose primitif, nous avions d'abord supposé que l'ammoniaque enlevait une molécule d'acide chlorhydrique d'après l'équation

$$C^8H^{11}Cl^3O^6 + NH^3 = NH^4Cl + C^8H^{10}Cl^2O^6.$$

Or de nombreuses analyses de ce produit nous ont toutes fourni des chiffres d'hydrogène notablement supérieurs à celui qu'exige cette formule.

Nous avons donc dû admettre pour ce corps la formule $C^8H^{12}Cl^2O^6$, qui ne diffère de celle du chloralose primitif que par le remplacement d'un atome de chlore par un atome d'hydrogène $C^7H^{11}O^6CCl^3$ devenant $C^7H^{11}O^6-CHCl^2$.

Il faut donc admettre qu'une partie du corps sert de réducteur à l'autre, ce qui explique le faible rendement que donne cette réaction. Ce corps, que nous avons appelé *dichloroparachloralose* fond à 156°-157°; il est très soluble dans l'eau et l'alcool chauds, moins soluble à froid (100 parties d'alcool à 95 pour 100 en dissolvent, à 18°, 7g,73; 100 parties d'eau à 18° dissolvent 3g,866. Son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -10°,57$. Enfin, nous avons trouvé, par la cryoscopie de sa solution aqueuse, 306 pour son poids moléculaire (la théorie serait 275).

Ce corps peut être éthérifié par la méthode de Baumann. On en dissout 5g dans 300cm³ d'eau, on ajoute 50cm³ de lessive de soude, puis 20g de chlo-

rure de benzoyle, et l'on agite plusieurs heures jusqu'à ce que l'odeur du chlorure de benzoyle ait entièrement disparu : on vérifie l'alcalinité de la liqueur et l'on épuise par l'éther. On sèche celui-ci sur la chaux; par évaporation, il donne une masse visqueuse qui cristallise à la longue en belles aiguilles fusibles à 192°. Un dosage d'acide benzoïque (67,7 pour 100) caractérise ce composé comme le dérivé tribenzoylé.

Hydrolyse du dichloro-p-chloralose. — La réaction qui donne naissance au composé dichloré étant irrégulière, nous avons soumis ce corps à diverses réactions de décomposition pour vérifier sa formule. Il s'hydrolyse quand on le fait bouillir pendant 6 heures au réfrigérant ascendant avec l'acide chlorhydrique étendu (6^g du corps, 7^g de HCl, 30^g d'eau). Il passe à la distillation une petite quantité d'un liquide réducteur, tandis que le liquide non distillé renferme du glucose qui a pu être isolé à l'état d'ozazone.

Le liquide distillé présente les réactions de l'aldéhyde dichlorée $C^2H^2Cl^2O$ ou de son produit de décomposition par l'eau, le glyoxal; ainsi, par la phénylhydrazine, nous avons obtenu l'ozazone du glyoxal fondant à 165°; nous avons de même préparé la glyoxine fondant à 178°-179°, caractérisée par son dosage d'azote ($N = 32,30$).

Ainsi, par hydrolyse, ce corps se décompose en glucose et aldéhyde dichlorée

$$C^8H^{12}Cl^2O^6 + H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^2H^2Cl^2O,$$

ce qui confirme bien la formule que nous lui attribuons.

Oxydation du dichloro-p-chloralose. — On chauffe une partie de ce corps avec 3 parties d'acide nitrique de densité 1,2, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs nitreuses, on chasse l'excès d'acide au bain-marie, puis on reprend par l'eau chaude et l'on ajoute un excès d'ammoniaque. Le tout se dissout d'abord, puis il se dépose au bout de quelques instants un abondant précipité blanc qui, par cristallisations dans l'alcool, fournit de belles paillettes nacrées fusibles à 161°-162°. Il est fort peu soluble dans l'eau froide, beaucoup plus soluble dans l'alcool. Ce n'est pas un sel ammoniacal, car l'acide chlorhydrique ne lui enlève pas d'ammoniaque à froid. Son analyse conduit à la formule $C^7H^9Cl^2O^5 - CO\,Az\,H^2$.

Ce corps est donc l'amide de l'acide que nous cherchions à isoler.

Si on le dissout dans l'eau, puis, qu'on y dirige un courant de gaz nitreux, il se dégage de l'azote. Au bout de quelques heures de contact, on évapore dans le vide, on reprend par un mélange d'alcool et d'éther et l'on évapore la solution qui abandonne de belles aiguilles fondant à 129°-130°. Ce corps perd continuellement de l'eau dans le vide sec, en sorte qu'il est impossible d'en obtenir de bonnes analyses. Il semble être un mélange d'acide et de lactone.

On l'obtient plus aisément pur en reprenant directement par l'eau bouillante le produit d'attaque du dichlorochloralose par l'acide nitrique. Il se dissout, et par refroidissement, il se dépose des gouttelettes huileuses qu'on amorce avec des cristaux provenant de l'opération précédente.

Cette lactone, peu soluble dans l'eau, se dissout à froid dans les alcalis en donnant des sels bien définis.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de méthylène sur le para-para-ditolyméthane*. Note de M. **James Lavaux**, présentée par M. A. Haller.

Dans le but d'obtenir synthétiquement le 2.7-diméthylanthracène, j'ai fait agir CH^2Cl^2 sur le *pp*-ditolylméthane en présence de $AlCl^3$. J'avais déjà par ce procédé, en employant des ditolylméthanes fournis par CH^2Cl^2 toluène et $AlCl^3$, obtenu un mélange de deux diméthylanthracènes A et B que j'ai décrits précédemment (¹). J'ai rencontré l'association de ces mêmes carbures dans les produits d'un assez grand nombre de réactions diverses effectuées sous l'influence de $AlCl^3$, sauf une. Ce sont :

1° CH^2Cl^2 + toluène + $AlCl^3$.
2° $C^2H^2Br^4$ + toluène + $AlCl^3$.
3° $CHCl^3$ + toluène + $AlCl^3$.
4° Toluène + $AlCl^3$.
5° $C^6H^5 - CH^2Cl$ + toluène + $AlCl^3$.
6° $CH^3 - C^6H^4 - CH^2Cl$ + toluène + $AlCl^3$.
7° $CH^3 - C^6H^4 - CH^2Cl + AlCl^3$.
8° $AlCl^3 + CH^2Cl^2$ + ditolylméthane (mélange de plusieurs isomères fournis par CH^2Cl^2 et toluène).
9° Diméthylanthracène de Wachendorff et Zincke.

L'étude de ces carbures ne m'a pas permis jusqu'ici d'établir en toute certitude leur constitution mais m'a conduit à les considérer actuellement comme devant être les diméthylanthracènes 1-6 pour A et 2-7 pour B.

C'est dans le but de contrôler ces déductions que j'ai tenté d'effectuer la synthèse du diméthylanthracène 2-7.

L'action de CH^2Cl^2 sur le *pp*-ditolylméthane, si elle se passe normalement, doit ne fournir qu'un seul diméthylanthracène, l'isomère 2-7 :

Cl Cl
CH^3 —⟨ ⟩+ CH^2 +⟨ ⟩— CH^3
— CH^2 —

Dans cette réaction, il se produit d'abord le dihydrure qui, perdant ensuite H^2, donne le diméthylanthracène lui-même.

(¹) *Comptes rendus*, t. 139, p. 976; t. 140, p. 44; t. 141, p. 204 et 354; t. 143, p. 687 et t. 146, p. 135.

J'ai employé un *pp*-ditolylméthane que j'ai obtenu très pur par une nouvelle méthode dérivée de celle de J. Weiler (*Ber.*, t. VII, p. 1181). C'est la condensation du toluène sous l'influence de SO^4H^2 en solution acétique avec le trioxymétylène au lieu du méthylal qu'employait Weiler et dans des conditions d'expériences beaucoup plus simples et plus commodes. Le ditolylméthane brut ainsi obtenu bout à 293°. En le dissolvant dans l'alcool et y projetant un excès de neige carbonique puis essorant le magma à la trompe, sans autre précaution que d'ajouter de temps en temps de la neige carbonique, on retient une notable quantité d'un carbure qui, après évaporation de CO^2 sera recristallisé deux ou trois fois dans l'alcool par un léger refroidissement. C'est le *pp*-ditolylméthane que j'ai caractérisé en le transformant en deux dérivés connus : dérivé dinitré fusible à 164° et *pp*-ditolylcétone fusible à 94°.

Le *pp*-ditolylméthane ainsi obtenu fondait à 28°. Il me semble plus pur que celui que E. Ador et A. Rillet parvinrent après un grand nombre de distillations à faire cristalliser dans l'alcool. Celui-ci fondait à 22°-23° et provenait de la réduction de la ditolylcétone par HI et Ph, tandis que le carbure de Weiler resta liquide et ne put être solidifié à — 15° :

Pour condenser ce carbure avec CH^2Cl^2 on mélange

Ditolylméthane	20^g
CH^2Cl^2	30
$AlCl^3$	30

Il faut refroidir un peu au début, chauffer ensuite au bain d'eau et terminer à 100°. On verse ensuite le produit dans l'eau où il se prend en une masse solide qu'on délaie en ajoutant au tout 100^{cm^3} de toluène. Celui-ci décanté tient en suspension 7^g de diméthylanthracène qu'on essore. Il en reste 1^g en dissolution qu'on obtient par distillation.

En étudiant ce diméthylanthracène, j'ai constaté que ce n'était pas le corps unique que devrait donner le *pp*-ditolylméthane si la réaction était normale. Alors que je croyais faire la synthèse du 2.7-diméthylanthracène et obtenir le corps B, j'avais recueilli un mélange de ce carbure avec une grande quantité de son isomère A. Celui-ci domine fortement comme dans toutes les réactions où j'ai rencontré ce mélange.

Je dois ajouter que j'ai obtenu exactement le même résultat en employant, au lieu du *pp*-ditolylméthane cristallisé (f. 28°), le produit brut liquide d'où je l'ai retiré. Ce produit semble pouvoir contenir d'autres isomères.

Au point de vue de la constitution du carbure B cette expérience n'est pas probante, mais elle apporte un renseignement nouveau intéressant dans cette étude. Elle montre que $AlCl^3$ produit une transposition moléculaire importante soit du ditolylméthane en réaction, soit du diméthylanthracène en formation et qu'il y a là des positions avantagées des groupes

CH^3 vis-à-vis de $AlCl^3$. Il se produit ici quelque chose d'analogue à la formation constante de dérivés isopropyliques en présence de $AlCl^3$ aussi bien en partant du chlorure de propyle normal que du chlorure d'isopropyle.

Cela montre encore qu'il faut perdre l'espoir d'obtenir avec certitude un diméthylanthracène de constitution prévue par condensation de CH^2Cl^2 sur un ditolylméthane de constitution appropriée, en présence de $AlCl^3$. Enfin le seul fait de la présence du *pp*-ditolylméthane dans les réactions 1° et 8° citées plus haut, suffit désormais à concevoir la formation des deux diméthylanthracènes A et B.

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur les dérivés du styrolène; rectification de quelques erreurs expérimentales.* Note de M. **P. Lemoult**, présentée par M. E. Jungfleisch.

MM. Auwers, Roth et Eisenlohr ont publié dans les *Annalen der Chemie*, t. 373, 1910, p. 239 à 290, des recherches expérimentales sur la chaleur de combustion de quelques carbures non saturés, parmi lesquels figurent le styrolène et quelques-uns de ses homologues; les valeurs qu'ils ont trouvées pour ces derniers corps (*loc. cit.*, p. 282) sont indiquées dans la colonne I du Tableau suivant:

	Mesuré (Auwers).	Calculé. Formule I.	Calculé. Formule II.	Mesuré (Lemoult).
Styrolène C^8H^8	cal 1035,3	cal 1036	cal 1064	cal 1059,1
α-méthylstyrolène........	1193,9	1193	1221	1217,3
β-méthylstyrolène........	1190,0	1193	1221	»
β-éthylstyrolène.........	1346,1	1350	1378	»
αβ-diméthylstyrolène.....	1347,7	1350	1378	1373,4
Triméthylstyrolène.......	1510,6	1507	1535	»
ββ-diéthylstyrolène......	1665,0	1664	1692	»
αβ-méthylphénylstyrolène..	»	»	1943	1939,0
Diphénylstyrolène........	»	»	2508	2510,3
Dipara-méthoxystilbène...	»	»	2022	2018

Ces valeurs forment une série extrêmement régulière puisque les isomères y ont pratiquement même chaleur de combustion, et puisque entre les homologues successifs, les différences moyennes sont 156,6; 155; 163,7 et 154,4 alors que la constante d'homologie est voisine de 157^{Cal}. Je les ai comparées aux valeurs théoriques qu'on peut calculer par les formules que j'ai établies (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. I, p. 496, et t. V, 1905, p. 5;

et ce Recueil, t. CXLIII, 1906, p. 603) et j'ai constaté, entre les deux séries de nombres, ume discordance singulière. On sait en effet qu'un carbure $C^x H^y$ a une chaleur de combustion donnée par $102\,x + \frac{55}{2}\,y$ (formule I) s'il est saturé et par $102\,x + \frac{55}{2}\,y + 28^{\text{Cal}}$ s'il est éthylénique (formule II); les résultats calculés par la formule I sont inscrits dans la colonne II; et ceux que donne la formule II, dans la colonne III.

Comme on le voit, les nombres expérimentaux de la colonne I coïncident presque exactement avec les valeurs calculées de la colonne II et sont, par conséquent, inférieurs d'environ 28^{cal} aux valeurs de la colonne III; or c'est précisément avec ces dernières qu'ils devraient coïncider si le styrolène et ses homologues sont des carbures éthyléniques. Pour expliquer ces différences constantes, il faut ou bien admettre, ce qui est fort invraisemblable, que les dérivés du styrolène se comportent comme s'ils étaient saturés, ou bien que la méthode de calcul est en défaut, ou enfin que les résultats expérimentaux des auteurs cités sont entachés d'erreurs.

De nouvelles expériences étaient nécessaires pour trancher la question et j'ai dû reprendre la mesure de la chaleur de combustion de quelques dérivés du styrolène; ces expériences m'ont donné des nombres toujours supérieurs et de beaucoup, à ceux qui avaient été adoptés; et de plus, en accord très satisfaisant avec les valeurs théoriques calculées pour des carbures éthyléniques; les nombres que j'ai trouvés figurent dans la colonne IV; voici le détail de mes déterminations :

Styrolène. — Des échantillons mis en ampoules fermées, au moment même de leur distillation, ont été brûlés quelques instants après cette distillation; la moyenne des résultats a été de $10179^{\text{cal}},8$ par gramme; 16 heures après cette distillation, la valeur calorifique n'a pas changé et j'ai trouvé $10172^{\text{cal}},5$; c'est seulement au bout de quelques jours que la polymérisation en métastyrolène se fait sentir par une diminution de la chaleur de combustion (par exemple $10105^{\text{cal}},5$) et que cette diminution suit ensuite les progrès de la polymérisation. La moyenne des résultats relatifs au styrolène fraîchement distillé est $10173^{\text{cal}},3$ par gramme et je n'ai retrouvé ni la valeur 9949^{cal} adoptée par MM. Auwers, Roth et Eisenlohr, ni l'augmentation singulière de cette valeur avec le temps (9943^{cal} puis après 12 heures, 9989^{cal} par gramme) signalée par eux, ni le chiffre donné par Stohmann et Langbein 10044^{cal}; cette moyenne, rapportée à la molécule, donne $1059^{\text{cal}},1$, au lieu du chiffre 1064^{cal} attendu, l'écart est donc inférieur à $\frac{1}{200}$.

α-méthylstyrolène et αβ-diméthylstyrolène. — Parmi les autres produits étudiés par les auteurs allemands, j'ai préparé et purifié avec grand soin les deux dont j'indique les noms; le premier m'a donné par gramme $10302^{\text{cal}},7$, puis $10298^{\text{cal}},9$, puis enfin $10309^{\text{cal}},1$, dont la moyenne $10303^{\text{cal}},6$ (au lieu de 10111^{cal}, adoptée par les

auteurs cités) donne pour la molécule $1217^{cal},3$. Le second de ces corps donne par gramme $10402^{cal},7$ et 10385^{cal}, dont la moyenne $10393^{cal},8$ (au lieu de 10202^{cal}), conduit à la chaleur de combustion moléculaire $1373^{cal},4$; ces résultats sont donc d'accord avec la théorie.

αβ-méthylphénylstyrolène et diphénylstyrolène. — Ces deux corps ont été étudiés pour voir si la présence d'un second noyau phényl dans la molécule ne ferait pas subir à la surcharge éthylénique 28^{cal} une diminution sensible; or, ils ont donné respectivement 1939^{cal} et $2510^{cal},3$, au lieu de 1943^{cal} et 2508^{cal} que donne le calcul, et, par suite, ces mesures rendent douteuse l'hypothèse d'une telle dépréciation de la surcharge.

Dipara-méthoxystilbène. — Avec ce corps, dont un bel échantillon m'a été remis par M. Pascal, j'ai eu l'occasion d'éprouver ma méthode de calcul dans un cas assez compliqué (trois singularités dans la molécule), il m'a fourni en effet la valeur expérimentale 2018^{cal}, alors que le calcul annonçait 2022^{cal}.

Comme on le voit, les nombres déterminés expérimentalement s'accordent au mieux avec les valeurs « qu'on est en mesure de calculer d'avance », contrairement à ce que pensaient MM. Auwers, Roth et Eisenlohr. Si la méthode de calcul peut encore être perfectionnée, il n'est peut-être pas inutile de dire que M. E. Fischer la considère comme « d'une signification incomparablement plus étendue que ce que l'on connaissait auparavant et comme un contrôle pour les déterminations expérimentales ».

MINÉRALOGIE. — *Détermination des constantes cristallographiques de quelques apatites artificielles.* Note (¹) de M. **A. de Schulten**, présentée par M. A. Lacroix.

Les apatites que j'ai examinées ont été préparées par la fusion des chlorures ou bromures avec le phosphate ou l'arséniate tribasique, ou avec le phosphate neutre d'ammonium. J'avais obtenu antérieurement les apatites de cadmium en cristaux microscopiques (*Bull. Soc. chim.*, 1889). J'ai réussi à préparer ces apatites, sauf l'apatite bromée, en cristaux mesurables en opérant sur 250^{g} de chlorure ou bromure de cadmium.

Apatite chlorée de calcium. — Cristaux relativement gros; faces $m(10\bar{1}0)$ et $b^1(10\bar{1}1)$. L'angle $b^1b^1(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$ mes. *36°35′, d'où $c = 0,6983$. Manross avait trouvé cet angle égal à 36°47′.

Apatite chlorée de strontium. — Prismes très allongés, très brillants;

(¹) Présentée dans la séance du 15 mai 1911.

faces $m(10\bar{1}0)$, $b^1(10\bar{1}1)$ et $a^1(11\bar{2}1)$. Angles mesurés $b^1b^1(10\bar{1}1)(10\bar{1}\bar{1})$ *100°14′, $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ 50°4′ (calc. 50°7′), $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ 50°10′ (calc. 50°7′), $b^1a^1(10\bar{1}1)(11\bar{2}1)$ 26°51′ (calc. 26°45′); d'où $c = 0,7237$.

Apatite chlorée de baryum. — Très petits prismes; faces $b^1(10\bar{1}1)$ et $m(10\bar{1}0)$. Angles mesurés $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ *49°45′, $b^1b^1(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$ 37°40′, 37°46′ (calc. 37°42′); d'où $c = 0,7333$.

Apatite chlorée de cadmium. — Prismes incolores; faces $b^1(10\bar{1}1)$, $b^{\frac{1}{2}}(20\bar{2}1)$, $m(10\bar{1}0)$. Angles mesurés $b^{\frac{1}{2}}m(20\bar{2}1)(10\bar{1}0)$ 32°43′, 32°44′, 32°37′, moy. *32°41′, $b^{\frac{1}{2}}m(20\bar{2}1)(1\bar{1}00)$ 65°6′ (calc. 65°7′), $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ 52°33′ (calc. 52°4′); d'où $c = 0,6749$.

Apatite arséniée chlorée de cadmium. — Prismes incolores; faces $b^1(10\bar{1}1)$ et $m(10\bar{1}0)$. Angles mesurés $b^1b^1(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$ *35°1′, $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ 53°1′ (calc. 53°1′), $b^1m(10\bar{1}1)(1\bar{1}00)$ 72°29′ (cal. 72°29′$\frac{1}{2}$); d'où $c = 0,6522$.

Apatite arséniée bromée de cadmium. — Prismes *jaunes*; faces $b^1(10\bar{1}1)$ et $m(10\bar{1}0)$. Angles mesurés $b^1b^1(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$ 34°37′, 40′, 38′, 32′, 31′, moy. *34°36′, $b^1m(10\bar{1}1)(1\bar{1}00)$ 72°31′, 72°50′, 72°32′ (calc. 72°42′), $b^1m(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$ 53°28′, 53°22′, 53°32′ (calc. 53°30′); d'où $c = 0,6408$.

Tableau des constantes cristallographiques des apatites.

	$b^1b^1(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$.	c.
Ap. ars. br. de Cd	34°36′	0,6408
Ap. ars. chl. de Cd	35. 1	0,6522
Ap. chl. de Cd	35.48	0,6749
Ap. chl. de Ca	36.35	0,6983
Ap. fluor. de Ca (ap. naturelle)	37.44½	0,7346
Ap. chl. de Sr	37.24	0,7237
Ap. chl. de Ba	37.42	0,7333
Ap. chl. de Pb (pyromorphite)	37.47½	0,7362
Ap. ars. chl. de Pb (mimétèse)	37.21½	0,7224
Ap. vanad. chl. de Pb (vanadinite)	37. 2	0,71218

Il ressort de ce Tableau que dans les apatites chlorées de Ca, Sr, Ba et Pb, l'axe c va en diminuant avec le poids atomique du métal. Par contre, cet axe diminue par la substitution d'un halogène par un autre de poids ato-

mique plus élevé (le fluor dans l'apatite naturelle par le chlore, et le chlore par le brome dans les apatites arséniées de cadmium). De même, l'influence de la substitution du phosphore par l'arsenic se manifeste par la diminution de l'axe *c* dans la pyromorphite et la mimétése, et dans les apatites chlorées de cadmium.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'assise silicifère du tégument séminal des Ravenala.* Note de M. **E. Decrock**, présentée par M. Guignard.

C'est un fait bien connu que la présence de la silice dans presque toutes les plantes. Quelques-unes, comme les Prêles et les Graminées, peuvent en contenir une très forte proportion; mais, à notre connaissance, on n'a pas signalé d'organe qui renferme ce corps avec une abondance aussi grande et une forme aussi caractéristique que la graine des *Ravenala* (*R. madagascariensis*, *R. guianensis*).

La couche profonde du spermoderme présente, à sec, la dureté de la pierre. Après un séjour prolongé dans l'eau, il se produit un ramollissement suffisant pour l'obtention des coupes et l'on peut alors facilement constater que la sclérose affecte uniquement l'assise la plus interne.

Cette assise est formée de cellules volumineuses, prismatiques et à base hexagonale; du côté interne, la base est plane et, vue de face, l'ensemble des cellules apparaît comme un carrelage très régulier; au contraire, du côté externe, la base se prolonge en une sorte de poignée centrale qui s'enfonce dans le parenchyme et autour de laquelle se rangent, en disposition radiée, les cellules recouvrantes. Les membranes sont épaissies et lignifiées sur la face interne et sur les faces radiales; toutefois, ce n'est pas à cette manière d'être qu'est due la dureté signalée plus haut, mais bien au contenu cellulaire très spécial qu'on y observe, et cela, dans toute l'étendue de l'enveloppe séminale. En effet, toute la cavité est remplie par une substance finement granuleuse, colorée en brun foncé, sur laquelle s'ébrèche le rasoir quand on essaie de l'entamer sur des matériaux secs.

L'action des acides sulfurique, azotique et chlorhydrique, même à chaud, ne détruit pas la matière incrustante; les parois disparaissent sous l'action de ces réactifs et il subsiste de petits prismes plus ou moins gonflés qui conservent la forme caractéristique des cellules. Or, il n'y a que la silice qui résiste, de cette manière, aux acides forts. Nous avons mis en œuvre les procédés classiques de recherche de la silice et avec chacun d'eux les résultats ont été positifs. En outre, notre collègue M. Baud a bien voulu faire un

dosage qui a donné le chiffre élevé de 10 pour 100 environ du poids total du spermoderme.

Il nous a semblé que ces quelques observations méritaient d'être signalées en raison de ce fait, que la localisation si particulière et l'abondance de la silice dont il vient d'être question n'avaient pas encore été rencontrées dans les graines.

EMBRYOLOGIE. — *Programme d'études sur la question de détermination du sexe.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Léon Labbé.

Les travaux de M. Lœb, de M. Delage ont montré que les phénomènes de fécondation pouvaient être modifiés, favorisés ou contrariés dans les milieux artificiels physico-chimiques et c'est ainsi que fut établie, réalisée la théorie de la *parthénogenèse*.

D'autres savants se sont occupés, dans cet ordre d'idées, de pouvoir influencer le sexe du germe, mais une base expérimentale bien fondée ayant toujours manqué, les faits énoncés ne purent sortir du domaine de l'observation pure.

M. L. Schenk, ancien professeur d'embryologie à l'Université de Vienne, publia, en 1898, un travail sur ce problème, et annonça que ses nombreuses et minutieuses recherches, poursuivies depuis longtemps, lui permettaient d'influencer à volonté le sexe du germe, mais sa théorie de ralentissement de la nutrition, inspirée par les idées de M. Bouchard, n'était basée que sur des faits insuffisamment étudiés.

Dans une Note précédente (24 avril 1911) nous avons traité de l'influence réciproque des capsules surrénales et des glandes génitales et nous avons montré, par des faits tant anatomiques que pathologiques, le retentissement mutuel des lésions ou des troubles de fonction de ces organes glandulaires endocrines. Nous avons souligné dans cette même Note le sexe *femelle* du nouveau-né. A ces deux cas de germes femelles nés des mères à l'état d'insuffisance surrénale, nous pouvons ajouter 13 autres cas dûment constatés. Au total chez quinze femmes présentant les signes évidents d'insuffisance des glandes surrénales, nous trouvons comme produit de fécondation quinze filles. Voilà un fait qui élucide les ténèbres de la causalité du sexe, c'est un apport scientifique à la théorie ou à la loi de l'*hérédité croisée*, d'après laquelle le sexe est déterminé par le plus vigoureux des parents mais en sens inverse. M. Schenk attribuait l'infériorité ou la diffé-

rence des deux producteurs au fléchissement du métabolisme chez l'un ou l'autre de ces derniers. Au fond, il n'a pas tort, mais d'où viennent ces troubles d'échanges nutritifs et quels sont les moyens de les régulariser? Là est la question.

Nous pensons que les glandes endocrines en général et les capsules surrénales en particulier sont les seuls promoteurs de ces troubles de fonctionnement. M. O. Schwarz (de Vienne) a démontré que l'addition de l'adrénaline à un mélange de glucose et de levure augmente de 50 pour 100 la production de l'acide carbonique, car l'adrénaline transforme le glycogène de la levure en sucre qui fermente et produit de l'acide carbonique. Il s'agit là d'un renforcement de l'action de la diastase sous l'influence de l'adrénaline de même que sous l'influence de celle-ci les lipoïdes augmentent dans le sang.

Puisque la femme qui présente des troubles de nutrition, des vomissements, de la pigmentation, etc., est un être infériorisé par ses capsules surrénales, et que cette femme donne naissance 15 fois sur 15 (d'après nos observations) à une fille, il n'y a qu'un moyen de produire un sexe différent : c'est l'opothérapie à l'adrénaline.

Nous présentons cette hypothèse avec les plus grandes réserves, en attendant le résultat des recherches que nous poursuivons dans deux laboratoires de l'Université de Paris. Qu'il nous soit, cependant, permis d'attirer par cette Note l'attention d'autres travailleurs sur un point précis de ce problème intéressant et bien obscur à l'heure actuelle.

MÉDECINE. — *L'opothérapie surrénale dans les vomissements de la grossesse. Rôle des sécrétions internes dans la détermination du sexe.* Note de M. **Jules Regnault**, présentée par M. Léon Labbé.

Dans son intéressante Communication présentée le 24 avril à l'Académie des Sciences, M. le Dr R. Robinson signalait comme tombé en désuétude le traitement des vomissements de la grossesse par l'extrait des capsules surrénales. Nous n'avions pas perdu de vue ce traitement et nous nous empressons de résumer deux observations personnelles, faites en 1910 et en 1911, qui confirment les beaux résultats obtenus par M. Robinson.

I. Primigeste, 26 ans, enceinte de 3 mois environ. Antécédents : dysménorrhée légère, bronchites à répétition, sommets suspects, plusieurs crises d'appendicite légère. La malade se présente à nous le 27 août 1910, avec amaigrissement, vertiges, tachycardie,

sensation de fatigue, vomissements ayant résisté à plusieurs traitements. Nous prescrivons : 20 cachets de glande surrénale dosés à 20^{cg}, un le matin avant de se lever, un le soir avant de se coucher, pendant 5 jours ; recommencer le traitement.

Dès le troisième jour, vomissements et nausées ont disparu, les autres symptômes ne tardent pas à s'atténuer. A partir du douzième jour, la malade n'a plus eu le moindre trouble.

Elle a accouché d'une *fille* en février 1911.

II. Primigeste, 28 ans, enceinte de 2 mois. Antécédents : troubles gastriques à la suite d'une alimentation insuffisante et défectueuse, constipation habituelle. En avril 1911 amaigrissement, puis vomissements, vertiges, pouls petit et très rapide, sensation de froid, asthénie, céphalalgie persistante ; divers traitements (laxatifs, calomel, alcalins, régime lacté) ont à peine amélioré quelques-uns de ces symptômes; la malade a toujours des vomissements, des vertiges et de l'asthénie, elle ne peut quitter son lit. Nous prescrivons le 20 avril deux comprimés de glandes surrénales, dosés à 20^{cg} ; dès le troisième jour la malade se trouve tellement bien qu'elle veut reprendre sa vie normale assez fatigante de cuisinière, il nous faut insister pour qu'elle consente à prendre encore quelques jours de repos. Les troubles n'ont pas reparu depuis lors.

Dans ces deux observations nous trouvions, à côté des vomissements de la grossesse, de petits symptômes d'insuffisance surrénale ; aussi l'opothérapie surrénale a-t-elle été rapidement efficace. Il n'en est pas toujours ainsi dans tous les vomissements de la grossesse, comme le montre l'observation suivante :

III. Primigeste, 22 ans; antécédents : petits signes d'hypothyroïdie (froid aux extrémités, bouffissure générale, végétations adénoïdes légères) ayant disparu depuis 18 mois à la suite d'un traitement, comprenant de très petites doses de thyroïdine.

En octobre 1910, alors qu'elle est enceinte d'un mois, apparaissent du ptyalisme et des vomissements incoercibles, avec somnolence, sans asthénie, sans troubles cardiaques, sans pigmentation anormale. Échec complet de l'opothérapie surrénale. Échec des opothérapies ovarienne et thyroïdienne faites avec ménagement. Succès relatif de l'opothérapie hépatique à deux reprises différentes. Les vomissements ont persisté jusqu'en mars 1911 : la malade ne se levait qu'une heure ou deux et ne gardait qu'un œuf et une tasse de lait prise le soir avant de s'endormir; elle n'a conservé d'autres aliments que pendant deux périodes d'une huitaine de jours, pendant lesquelles elle a fait de l'opothérapie hépatique d'une façon assez irrégulière d'ailleurs.

En mars, nous prescrivons du méthylarsinate disodique et les vomissements s'arrêtent; cinq fois la malade a cessé le traitement, cinq fois les vomissements sont réapparus le lendemain. Les doses de méthylarsinate ont oscillé entre 5^{cg} et 2^{cg} par jour; au-dessous de 2^{cg} l'efficacité était insuffisante, on voyait réapparaître le ptyalisme d'abord, les vomissements ensuite. Après un mois et demi, l'intolérance s'est manifestée par de la diarrhée; le traitement a été interrompu et les troubles ne sont pas réapparus depuis 15 jours.

L'opothérapie surrénale paraît efficace contre les vomissements de la grossesse, mais seulement lorsqu'il existe quelques signes d'insuffisance des glandes surrénales.

Il est curieux de constater les bons effets du méthylarsinate disodique dans un cas où diverses opothérapies avaient échoué; il ne faut cependant pas oublier qu'il s'agissait d'une malade atteinte d'hypothyroïdie et que les arsénicaux ont une action élective, mais différente, sur la glande thyroïde et l'ovaire dont les sécrétions sont opposées.

Enfin, comme dans les cas cités par M. Robinson, notre malade atteinte d'insuffisance surrénale, a donné naissance à une *fille*.

Ce fait paraît confirmer notre théorie sur le rôle des sécrétions internes dans la détermination du sexe, théorie à propos de laquelle nous avons récemment ouvert une enquête près des accoucheurs, des vétérinaires et des éleveurs. Ces notions nous paraissent de la plus haute importance; elles laissent, en effet, entrevoir la possibilité de favoriser au choix la procréation d'un garçon ou d'une fille par des traitements opothérapiques, quand le rôle de chacune des sécrétions internes sera bien déterminé.

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la détermination de la période d'établissement dans les acquisitions mnémoniques.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Dastre.

Lorsqu'une excitation doit laisser dans un organisme une trace mnémonique, la fixation de cette trace évolue-t-elle parallèlement à l'action de l'excitation pour cesser avec elle, ou exige-t-elle une période d'établissement susceptible de se prolonger au delà de la période d'excitation, et, dans ce cas, quel est l'ordre de grandeur de cet établissement de la trace ?

Telles sont les questions auxquelles j'ai tenté d'apporter expérimentalement une réponse.

Depuis les recherches de Jost et de Müller et Pilzecker chez l'homme, de Katz et Revész chez la poule, d'Yerkes chez la souris japonaise, on sait que, pour obtenir l'acquisition d'un souvenir ou d'une habitude, le résultat est plus rapidement atteint lorsque les répétitions successives sont suffisamment espacées que lorsqu'elles se suivent à bref intervalle.

Deux interprétations sont possibles : ou il n'y a là que la conséquence d'une moindre *fatigue* due à l'éloignement des phénomènes d'acquisition, qui ne subissent de ce chef qu'une moindre diminution d'intensité au cours

de leur répétition; ou il s'agit d'un phénomène de *maturation* organique consécutif à l'influence sensorielle au cours du processus d'acquisition, en sorte que la trace mnémonique continue à s'organiser, à se fixer, après la cessation de l'excitation, pendant une période véritable d'établissement.

L'hypothèse de la fatigue paraît plausible en ce qui concerne les efforts d'acquisition chez l'homme; j'ai pensé qu'elle ne le serait guère si l'on retrouvait le phénomène dans cette acquisition particulière qui consiste, chez la Limnée, dans la suppression des réactions aux obscurations répétées, excitations négatives, et assurant en réalité un instant de repos pour les organes sensoriels excités par une lumière intense.

Aussi ai-je recherché dans ce cas l'influence que pouvait avoir la grandeur des intervalles séparant les excitations sur la rapidité de cette acquisition.

Pratiquement, la disparition de la réaction étant immédiate lorsque les obscurations sont très rapprochées, il fallait trouver un effet des excitations comparable dans tous les cas ; or, la période d'état, précédant l'évanouissement, étant fonction de l'intensité de la trace mnémonique, j'ai recherché le nombre d'obscurations nécessaires pour que l'animal ne réagisse pas à une obscuration nouvelle, portée un temps déterminé après la dernière de la série, alors qu'elle a depuis longtemps déjà cessé de réagir, pour les excitations très rapprochées, ou qu'elle réagit encore très nettement, ce qui arrive avec les excitations très éloignées [1].

Voici les résultats concernant le nombre d'excitations nécessaires pour empêcher une réaction au bout de 5 secondes (I), de 10 secondes (II) et de 20 secondes (III), les chiffres indiqués constituant des moyennes :

	Nombre d'excitations.		
Intervalle.	I.	II.	III.
2 secondes............	16	22	»
4 »	»	11,3	»
5 »	5	7,3	9,5
10 »	4,3	7	9
20 »	4,5	7,6	8
40 »	»	8,6	10

Ces résultats mettent en évidence l'existence d'un intervalle optimum pour les excitations d'obscuration chez la Limnée ; en admettant alors l'hypothèse la plus pro-

(1) Il y a là un fait décisif contre l'hypothèse d'une disparition des réactions de la Limnée par suite de fatigue : en effet, il ne s'agit pas de fatigue motrice, car toute autre excitation provoque la réaction quand les obscurations n'agissent plus; et pour ce qui serait de la fatigue sensorielle, ou sensorimotrice, elle serait d'autant plus intense et plus durable que les intervalles seraient plus rapprochés.

bable, d'une maturation organique, cet intervalle optimum doit correspondre à la durée de la période d'établissement, au delà de laquelle commence une période d'état plus ou moins longue, avec très lent déclin. La période d'établissement aurait donc une durée de 10 à 20 secondes chez *Limnœa stagnalis*.

Avec des Littorines (*Littorina obtusata*), chez qui la persistance des effets paraît plus durable, la longueur de cette période, établie de la même façon, serait d'environ 1 minute.

J'ai fait, d'autre part, une série de recherches systématiques chez l'homme, pour établir l'intervalle optimum dans les acquisitions mnémoniques, et déterminer indirectement ainsi la durée de la période d'établissement.

Voici les résultats de deux catégories d'expériences effectuées, la première, sur un sujet, avec des séries de 20 chiffres à acquérir; la deuxième, chez un autre sujet, avec des séries de 18 syllabes:

	Nombre de répétitions.	
Intervalle.	I.	II.
30 secondes	11	14
1 minute	10,5	8
2 minutes	7,5	7
5 »	6	5
10 »	5	4
20 »	4,5	4,5
30 »	5,5	»
1 heure	5	»
8 heures	6	»
24 »	4,5	4
48 »	5	7

La durée de la période d'établissement paraît certainement supérieure à 10 minutes et inférieure à 48 heures, la période d'état pouvant se prolonger plusieurs jours, avec de grandes variations individuelles.

Je suis assez disposé à penser que cette durée, dans les cas précédents, devait être voisine de 24 heures. En effet, pour que les résultats soient comparables, il faut que les expériences d'acquisition soient faites dans les mêmes conditions; or, cela devient impossible quand on prend des intervalles moyens, d'une demi-heure à quelques heures, ce qui exige des acquisitions espacées tombant à des moments où l'état physiologique est très différent. Au contraire, avec des intervalles de 24 heures, on peut retomber sur des conditions identiques. Or, dans la série I, le chiffre de 4,5 est la moyenne de deux expériences, l'une où chaque acquisition fut faite à la même heure que les séries brèves (10ʰ du soir), l'autre à un moment tout différent (10ʰ du matin). Or, les nombres de répétitions nécessaires furent respectivement de 3 et de 6. Pour une acquisition effectuée dans les mêmes conditions, le véritable optimum de la série I fut donné par l'intervalle de 24 heures; et, dans la série II, cet intervalle donna aussi, mais en partageant ce privilège avec l'intervalle de 10 minutes, le chiffre le plus faible de répétitions nécessaires.

Seulement, dans cette période d'établissement, le progrès de la fixation, d'abord rapide, doit devenir bientôt d'une extrême lenteur, tendant asymptotiquement vers l'horizontale qui caractérise la période d'état, en sorte qu'il est très difficile, en dehors de la zone d'ascension rapide, de délimiter exactement ces deux périodes.

Nous croyons pouvoir conclure qu'il existe bien une période de fixation des traces mnémoniques se poursuivant après la fin de l'excitation sensorielle, période de durée très variable suivant les espèces animales.

En outre, il semble qu'il y ait un rapport entre la rapidité d'évanouissement et la durée de la période d'établissement, l'oubli étant plus lent quand la fixation elle-même a été plus lente.

Il faut en effet 40 secondes, chez la Limnée, pour que l'économie de réacquisition soit réduite à 75 pour 100, et 5 minutes chez la Littorine; or, la durée de la période d'établissement est d'environ 10 secondes chez la première et 1 minute chez la deuxième.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une épizootie de nature bactérienne sévissant sur les sauterelles au Mexique.* Note de M. F. d'Herelle, présentée par M. E. Roux.

Au commencement de l'année 1910, me trouvant au Yucatan (Mexique), j'ai observé une épizootie sévissant sur les sauterelles (*schistocerca pallens*). Chez toutes les sauterelles mortes qui me furent remises, je notai la présence dans le contenu du tube intestinal de nombreux coccobacilles que je pus isoler. Je n'ai jamais trouvé ce microbe chez les sauterelles capturées dans des vols où ne sévissait pas l'épizootie, et toujours, au contraire, chez les sauterelles mortes ou malades, soit naturellement, soit par infection expérimentale : souvent même alors, on le trouve en culture presque pure dans l'intestin. Les expériences suivantes démontrent le rôle pathogène du coccobacille.

Le 12 mai, 24 sauterelles sont inoculées avec une goutte de culture de 24 heures en bouillon, l'aiguille étant enfoncée entre les deuxième et troisième anneaux antérieurs : toutes meurent entre 1 et 23 heures après l'injection.

24 témoins sont injectées de la même manière avec une goutte d'eau du robinet; après 4 jours, aucune n'est morte.

Le même jour, une goutte de la même culture est déposée avec une pipette sur l'orifice buccal de 24 sauterelles; toutes meurent entre 10 et 32 heures.

24 témoins sont encore toutes vivantes 10 jours plus tard.

Le tube digestif de toutes les sauterelles mortes contient un liquide noirâtre où pul-

lule le microbe spécifique qu'on trouve également dans les tissus. Un ensemencement en bouillon du contenu intestinal donne dans tous les cas une culture presque pure du baccille.

Le 15 mai, je place 12 sauterelles saines chacune sous une cloche séparée avec le cadavre d'une sauterelle morte après ingestion d'une goutte de culture. De ces 12 sauterelles 2 seulement ont dévoré le cadavre de leur congénère : l'une est morte 9 heures après le repas infectant, l'autre environ 12 heures après. Les 10 sauterelles qui n'avaient pas touché au cadavre vivaient encore 10 jours plus tard. Dans une autre expérience 5 sauterelles sur 12 ont dévoré le cadavre et sont mortes entre 7 et 14 heures après.

Ces expériences, répétées d'ailleurs à plusieurs reprises, démontrent que la cause de l'épizootie est bien le coccobacille étudié : coccobacille très mobile, portant des cils sur toute sa périphérie ; dans une même culture on observe des formes légèrement ovoïdes de $0^{\mu},5$, à côté de formes bacillaires de 1^{μ} sur $0^{\mu},5$. Ne prend pas le gram. Se colore facilement par les couleurs d'aniline. Dans les cultures jeunes et dans l'intestin des sauterelles, le microbe se colore plus fortement aux deux extrémités. Aérobie facultatif. Donne des cultures entre 16° et 43° ; se développe très rapidement en bouillon ordinaire à 37° : le trouble apparaît dès la quatrième heure, le milieu se trouble de plus en plus, au bout de 36-48 heures un léger voile se forme à la surface en même temps qu'un dépôt au fond du tube, sans clarification du milieu.

En gélatine, en 18 heures mince ligne blanche d'aspect grenu, un peu moins développée en profondeur ; s'étale en clou à la surface ; au bout de 8 jours la liquéfaction commence à la surface et se propage le long de la piqûre en doigt de gant. En strie, mince ligne blanchâtre à reflets bleuâtres : le trait augmente de largeur jusqu'au huitième jour où il atteint 2^{mm}, la gélatine se liquéfie ensuite. Sur plaque en 18 heures petites colonies de 1^{mm} de diamètre, transparentes, à contours irréguliers ; vers le quatrième jour deviennent opaques, jaunâtres. Sur gélose à 37° colonies rondes, blanchâtres, gluantes, translucides, de 1^{mm}-2^{mm} de diamètre, à surface ridée. En profondeur petites colonies lenticulaires opaques. En strie sur tube incliné la surface est rapidement envahie et il se forme un mince enduit blanchâtre. L'odeur des cultures rappelle celle du bouillon Liebig.

Le bacille perd rapidement sa virulence par cultures successives ; la première culture tue *per os* en 8-24 heures, la seconde en 12-36 heures, la troisième en 36-96 heures, et il arrive alors que des sauterelles se rétablissent ; la quatrième laisse survivre la moitié des insectes ; le dixième réensemencement ne tue plus *per os*. On peut rendre sa virulence à une culture affaiblie

en en injectant quelques gouttes dans la cavité abdominale d'une sauterelle : après 3 passages on arrive à tuer : par injection en 5-6 heures, *per os* en 8-12 heures.

Je n'ai pas pu tuer par ingestion de cultures très virulentes des sauterelles qui s'étaient rétablies après ingestion de cultures peu virulentes : vu le fait que toutes les sauterelles qui ont absorbé une goutte de culture virulente meurent, il faut en conclure que l'immunité est acquise par une attaque bénigne.

J'ai eu l'occasion d'observer des vols de sauterelles où sévissait l'épizootie : sur 25 sauterelles capturées et choisies parmi les plus vives, 6 meurent de l'infection dans les 3 jours, les autres survivent; sur les 19 restantes, disséquées après 8 jours d'observation, 5 montrent le coccobacille spécifique dans le contenu intestinal et ne paraissent pas en souffrir : j'ai vérifié que ce coccobacille était bien le microbe spécifique et qu'il était virulent. On peut donc estimer à 20 ou 25 pour 100 le nombre des sauterelles qui acquièrent l'immunité.

Comme il est impossible de garder des sauterelles en captivité plus de 15 jours, je n'ai pu déterminer la durée de cette immunité acquise.

D'après les informations qui m'ont été données par des planteurs du Yucatan, au mois de mars 1911, le nombre des sauterelles avait tellement diminué qu'on estimait que cette année les dégâts seraient de peu d'importance : l'épizootie continuait d'ailleurs à sévir sur les vols restants.

Le coccobacille spécifique n'est pas pathogène pour la poule, le cobaye et le lapin.

Il serait peut-être intéressant d'essayer de provoquer des épizooties dans les pays qui souffrent des déprédations des sauterelles en utilisant le bacille de l'épizootie du Yucatan.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Variation expérimentale du pouvoir chromogène d'une Bactérie* (Bacillus chlororaphis). Note de MM. **L. Mercier** et **Ph. Lasseur**, présentée par M. A. Dastre.

I. Exposé des faits. — *Expérience α.* — *Bacillus chlororaphis* (Guignard et Sauvageau) est caractérisé par la production de cristaux verts (chlororaphine); il produit cette substance d'une façon constante, en milieu synthétique [1], à la température de 25°-30°. Or si, suivant l'usage courant, on ensemence un petit nombre de ballons,

---

[1] Ph. Lasseur, *Le* Bacillus chlororaphis; *influence du fer sur la production de la chlororaphine* (*Comptes rendus Soc. Biol. Paris*, t. LXX, 1911, p. 154).

20 par exemple, et qu'on place 10 de ces ballons à 25° et 10 à 37°, on constate que les ballons du premier groupe donnent tous de la chlororaphine, tandis que cette substance fait défaut dans les cultures du second lot (¹).

Cependant, si l'on ensemence, en partant chaque fois d'une culture provenant d'une seule colonie, des séries de 100 ballons et plus qui sont placés à 37°, on observe que chacune de ces différentes séries présente un certain nombre de cultures chromogènes. A titre de documentation, nous indiquons quelques-uns des résultats obtenus :

Série *a* : 150 ballons ensemencés, un seul donne de la chlororaphine.

Série *b* : 100 ballons ensemencés, 7 donnent de la chlororaphine.

Le pouvoir chromogène de la semence a été contrôlé à chaque expérience sur 25 ballons placés à 25°. Tous sans exception ont donné des cristaux.

Expérience β. — Ces expériences montrent que, pour obtenir une culture de *B. chlororaphis* chromogène à 37°, il faut ensemencer un nombre considérable de ballons. Or, les résultats sont très différents, si l'on fait passer le bacille par l'organisme souris.

Des souris sont inoculées avec des doses de $1^{cm^3},5$; elles sont sacrifiées lorque les premiers symptômes de l'agonie apparaissent (de 12 à 24 heures en général après l'inoculation). Le sang du cœur, prélevé aseptiquement, sert à l'ensemencement d'un certain nombre de ballons qui sont placés à 37°. Dans une première expérience, sur 14 ballons ensemencés, 3 restent stériles, 11 cultivent et, parmi ceux-ci, 9 donnent de la chlororaphine (sur 100 ballons ensemencés avec la culture ayant servi à faire l'inoculation et placés à 37°, un seul a donné des cristaux). Une seconde expérience a donné les résultats suivants : sur 30 ballons ensemencés, 5 restent stériles, 25 cultivent, parmi lesquels 22 donnent de la chlororaphine (l'expérience comparative a donné 7 ballons à cristaux sur 100, voir série *b* de l'expérience α).

D'après les résultats fournis par ces expériences, on voit que le passage de *B. chlororaphis* par la souris augmente de beaucoup la proportion du nombre des cultures donnant des cristaux à 37°.

De plus, les cultures obtenues par ensemencement avec le sang de souris conservent la propriété de donner de la chlororaphine à 37°, ainsi que nous avons pu nous en assurer par une série de 15 repiquages en milieux appropriés.

II. Hypothèses que suggèrent ces deux séries d'expériences. — Faisant abstraction des indications fournies par l'expérience α, on pourrait être tenté d'admettre que le passage d'une culture par l'organisme souris a déterminé l'apparition brusque d'une race chromogène à 37°, c'est-à-dire d'une mutation au sens de de Vries. Ce serait un nouvel exemple d'une variation brusque devenue permanente à ajouter à ceux mis en évidence au cours

(¹) Contrairement au type de *B. chlororaphis* que Jirou a observé, nos cultures se développent à 37°; la température maxima étant aux environs de 40°.

de ces dernières années par Barber, Massini, Burk, Jager, Kowalenko, etc.

Mais nous savons, d'après les résultats fournis par l'expérience α, qu'une culture provenant d'une seule colonie renferme des éléments capables de donner de la chlororaphine à 37°; de ce fait, une autre hypothèse s'impose à l'esprit, et cela d'autant plus qu'elle s'appuie sur une observation faite par Hansen (1905) (1).

Ce savant, étudiant différents types de levures dont *S. validus* (= *S. Pastorianus* III), espèce bien connue comme levure haute typique, a constaté dans les cultures la présence de quelques éléments du type de fermentation basse dans la proportion de 3 pour 100 environ. Il en conclut que les levures hautes et basses ne sont pas des espèces indépendantes, mais peuvent se développer inégalement dans des cultures qu'on pourrait supposer homogènes d'après le résultat global de la fermentation produite, et que l'une des deux formes peut supplanter l'autre, suivant les conditions de culture.

De même, nous pouvons admettre qu'en inoculant une certaine dose d'une culture de *B. chlororaphis* l'organisme souris agit sur une population hétérogène, faisant disparaître d'une part certains éléments, sélectant d'autre part des cellules bactériennes *préadaptées* aux nouvelles conditions d'existence et qui, entre autres propriétés, ont celle de donner de la chlororaphine à 37°. C'est là un phénomène de filtrage au sens de de Vries, de Davenport, de Morgan, de Cuénot (2).

Étant donnés les faits dont nous disposons jusqu'à présent et la difficulté d'expérimenter en partant d'une seule cellule bactérienne, il est difficile de se prononcer sur la valeur de l'une ou de l'autre de ces deux hypothèses.

Il est évident que l'existence de quelques cultures chromogènes à 37°, sans avoir passé par l'organisme souris, donne quelque créance à l'hypothèse d'un filtrage; mais doit-on rejeter toute idée d'une mutation? C'est là une question à laquelle il ne sera possible de répondre qu'après de nouvelles expériences.

Conclusions. — Quoi qu'il en soit des hypothèses, nous croyons pouvoir dire, quant à présent, qu'une colonie de *B. chlororaphis*, isolée sur gélose,

(1) HANSEN, *Oberhefe und Unterhefe : Studien über Variation und Erblichkeit* (*Centralbl. für Bakt.*, II. Abt., t. XV, 1905).

(2) CUÉNOT, *Le peuplement des places vides dans la nature et l'origine des adaptations* (*Rev. gén. des Sciences*, t. XX, 1909, p. 8); *La genèse des espèces animales*. Paris, Alcan, 1911.

renferme au moins deux types d'éléments : les uns donnant de la chlororaphine à 25°-30° et ne présentant pas cette propriété à 37°; les autres, peu nombreux, produisant des cristaux à 37°. De plus, le passage d'une culture, obtenue en partant de cette colonie, par l'organisme souris, augmente dans de très fortes proportions le nombre des éléments chromogènes à 37°.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques Annélides incubateurs provenant de la seconde expédition antarctique française.* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Sur une pierre couverte de Spirorbes et de Bryozoaires variés, rapportée de l'île Petermann par M. le Dr J. Liouville, j'ai trouvé deux formes intéressantes de Polychètes incubateurs.

La première est relative au *Parantolytus fasciatus* Ehlers, dont l'expédition suédoise (Nordenskjöld, 1895, 1897) recueillit un exemplaire unique et incomplet dans le détroit de Magellan (Rio Seco). Entre les encroûtements de Bryozoaires et les groupes de Spirorbes agrégés, en des points bien abrités, j'ai découvert quatre femelles de *Parantolytus fasciatus* longues de 5^{mm} à 6^{mm}. Chacune d'elles est complètement enveloppée dans un ample voile qu'elle sécrète et qui adhère à la face dorsale. La poche ainsi constituée contient les larves qui subissent à son intérieur les premières phases de leur développement et qui sont tantôt isolées, tantôt groupées sous la face ventrale de la femelle ou sur ses côtés; aucunement fixées au tégument de la mère, elles peuvent vraisemblablement se mouvoir à l'intérieur de la cavité incubatrice, qu'elles sont loin de remplir en tout cas. Le stade de développement, variable d'une poche à l'autre, est sensiblement le même pour toutes les larves abritées par une même femelle. Les plus évoluées de ces larves montrent quatre segments bien nets avec les ébauches des appendices du prostomiun et de ceux des deux premiers segments; les soies ne sont pas saillantes; les yeux ne sont pas perceptibles, peut-être à cause de l'action dissolvante du liquide conservateur sur le pigment oculaire. Les cirres anaux sont déjà relativement fort longs, ce qui correspond sans doute à l'individualisation très précoce du pygidium, en avant duquel se forment les nouveaux segments.

Les femelles en question ont des yeux de dimensions médiocres, des parapodes dépourvus de soies natatoires; il n'y a chez elles aucune trace d'épigamie, pas plus que chez les mâles qui ont, du reste, le même habitat.

Leur mode d'incubation est à rapprocher de celui de divers autres Syllidiens. La femelle (*Sacconereis*) de beaucoup d'*Autolytus*, bourgeonnée par la souche asexuée dont elle diffère si fortement, porte ses œufs dans un sac ventral qui s'étend sur un certain nombre de segments de la région moyenne du corps. Le développement de ces œufs donne lieu à un parent asexué ; il y a ici, comme l'on disait autrefois, une génération alternante. Le cycle se complique, en outre, d'une différenciation épigamique intense et d'un dimorphisme sexuel très accentué. La gestation du *Parantolytus fasciatus* rappelle aussi le cas de certains Syllidiens qui couvent leur progéniture sans avoir de poche incubatrice. Les embryons se fixent chez eux, soit sur le ventre (*Exogone*, *Sphærosyllis*), soit sur les cirres dorsaux (*Grubea*, *Syllides*) de la femelle ; solidement attachés à la mère, ils ne s'en affranchissent que lorsqu'ils peuvent se suffire à eux-mêmes, avec leurs yeux distincts, leurs antennes et leurs quatre segments armés de parapodes.

Un Phyllodocien, recueilli dans les mêmes conditions que le *Parantolytus fasciatus*, offre également un cas très curieux d'incubation.

Il s'agit d'une espèce nouvelle d'*Eteone* de 5mm de longueur, enroulée autour de sa ponte. Les œufs, relativement volumineux, forment un bloc compact enserré étroitement entre les parties latérales et ventrale de l'Annélide ; ils sont enveloppés par une membrane d'un brun rouge foncé sécrétée par l'animal. Les parapodes ne possèdent que des soies normales. On n'a jamais signalé chez les Phyllodociens, à ma connaissance du moins, une telle forme incubatrice qui rappelle aussi, dans une certaine mesure, celle que l'on observe chez les Tutolytés.

L'absence de toute trace d'épigamie et, en particulier, celle de soies capillaires locomotrices chez les deux Polychètes incubateurs de l'Antarctique, semble devoir se relier à la vie apparemment très sédentaire des femelles à l'état de gestation. Mais C. Viguier, qui a si bien étudié les Annélides incubateurs de la baie d'Alger, a constaté que chez l'*Exogone gemmifera* Pengenstecher, on voit des mâles et des femelles parvenus à l'état de maturité qui sont, les uns munis, les autres dépourvus d'un appareil natatoire, dont la longueur peut varier considérablement d'un individu à l'autre.

D'autre part, A. Malaquin a fait remarquer avec raison que le grand nombre de formes d'Autolytés à maturité sexuelle, recueillis soit à la côte, à marée basse, soit dans les dragages, indique clairement qu'avec leur appareil locomoteur disposé pour la natation, ces Annélides sont loin de mener une existence purement pélagique.

Chez un flabelligérien (*Flabelligera mundata* Gravier) rapporté en premier

lieu par le *Français*, retrouvé en abondance par le *Pourquoi-Pas?*, la région antérieure du corps est enfermée dans une sorte de cage ouverte suivant une étroite fente médiane ventrale et formée par de longues soies arquées dans leur partie médiane. Entre les palpes et les branchies contenus dans cette cage, j'ai trouvé, chez plusieurs spécimens, des œufs de couleur jaunâtre, sphériques, adhérents les uns aux autres.

L'incubation est fréquente chez les animaux des divers embranchements vivant dans les régions froides, tant arctiques qu'antarctiques. Les faits mentionnés dans la présente Note montrent une fois de plus la diversité des moyens réalisés dans la nature pour la protection des jeunes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du rôle de la viscosité dans les variations de l'action de l'invertine suivant les concentrations en saccharose.* Note de MM. **P. Achalme** et **M. Bresson**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'influence de la concentration de la solution sucrée sur la vitesse d'action de l'invertine a été interprétée de la manière la plus diverse par les auteurs qui se sont occupés des lois générales d'action des diastases.

O' Sullivan et Thompson avaient conclu de leurs expériences que l'action de la diastase est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la quantité de sucre présente dans la liqueur et qu'elle croît ou décroît avec elle. C'était l'assimilation complète avec l'action des acides, c'est-à-dire l'accord avec la loi de Wilhelmy et par cela même avec la loi des masses de Gudberg et Waage.

Duclaux donna l'appui de sa grande autorité à une opinion diamétralement opposée. D'après lui « une quantité déterminée de sucrase produit un effet, toujours le même, sans se préoccuper comme les acides de la quantité de sucre présente autour d'elle et agit comme une force constante qui, pendant un temps donné, ne peut produire qu'un travail déterminé » (Duclaux, *Traité de Microbiologie*, t. II, p. 137).

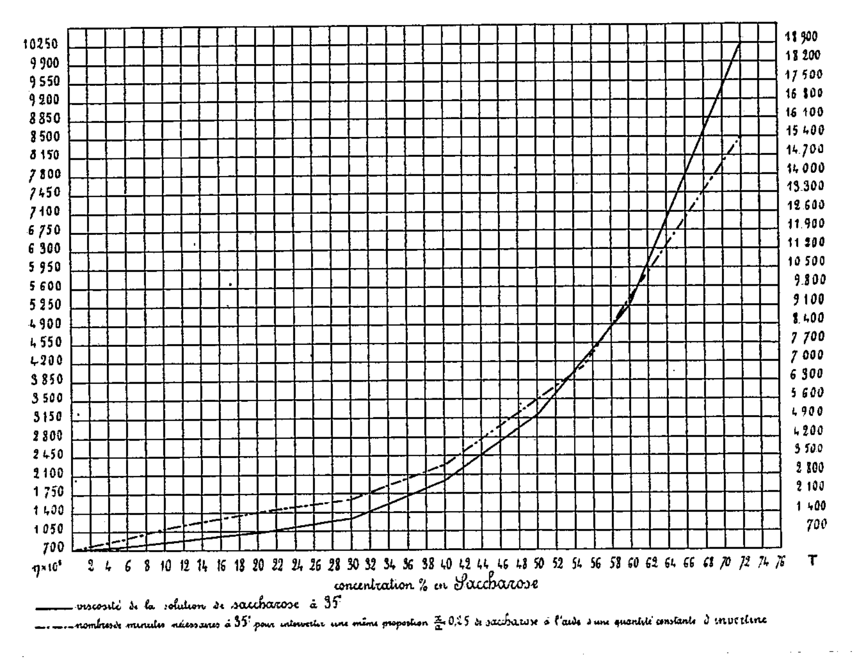
D'après les recherches, de Barth, Victor Henri et d'autres, l'action diastasique varie suivant les concentrations en sucre. Pour les faibles concentrations, la vitesse est sensiblement proportionnelle à la quantité de sucre; puis à partir d'une concentration égale à $\frac{N}{20}$, c'est-à-dire 1,71 pour 100, la rapidité de l'interversion semble indifférente à la concentration du sucre et la quantité totale de sucre interverti formée est constante pour une quan-

tité de diastase déterminée; enfin pour les fortes concentrations, c'est-à-dire à partir de 35 pour 100 environ, la vitesse d'interversion diminue au fur et à mesure que la concentration en sucre augmente.

Nous avons vérifié à plusieurs reprises le fait expérimental lui-même et en avons cherché l'explication dans les variations de la viscosité de la solution de saccharose suivant la concentration.

Si, en effet, au lieu de calculer la quantité absolue de sucre interverti dans un temps déterminé, nous recherchons le temps nécessaire pour intervertir une proportion déterminée de sucre, soit 25 pour 100 par exemple de la quantité primitive, nous obtenons une courbe qui, presque parallèle au début à l'axe des x, se redresse ensuite peu à peu de manière à tendre progressivement vers la perpendiculaire pour les très fortes concentrations.

D'autre part, si l'on construit la courbe de la viscosité d'une solution de saccharose, on voit que la viscosité croît lentement pour les très faibles concentrations, que cet accroissement devient pendant la partie moyenne de la courbe sensiblement proportionnel à la concentration et qu'enfin, pour les fortes concentrations, la viscosité croît beaucoup plus vite que la concentration.



Si l'on rapproche ces deux courbes comme dans la figure, on obtient un parallélisme tout à fait satisfaisant. Il faut en effet tenir compte de ce que pour

les concentrations fortes et les longues durées d'expérience, l'hydrolyse spontanée du saccharose est loin d'être négligeable, ainsi que nous l'avons expérimentalement constaté, et que l'action de cette hydrolyse, jointe à celle d'autres facteurs sur lesquels nous aurons à revenir, peut expliquer la légère infériorité du nombre de minutes trouvé sur celui que commanderait un complet parallélisme des courbes.

L'interprétation de ce phénomène est du reste facile et se trouve d'accord avec les expériences de tous les auteurs précités. Si en effet l'on considère la quantité absolue de sucre interverti dans un temps déterminé, on voit que le ralentissement dû à l'augmentation de viscosité agit en sens inverse de l'accélération liée à l'augmentation de concentration conformément à notre Communication précédente (¹). Pour les faibles concentrations, le ralentissement étant minime laisse apparaître nettement l'influence des masses; pour les moyennes concentrations, les deux actions se neutralisent complètement, et la quantité de sucre interverti reste stationnaire; enfin pour les fortes concentrations, le ralentissement dû à la viscosité croît plus vite que l'accélération due à la concentration et domine la marche du phénomène.

Ces expériences permettent donc de ramener à une loi simple et générale l'influence de la concentration sur l'action diastasique, à condition de tenir compte des variations de viscosité du milieu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la graisse des cidres*. Note (²) de M. E. Kayser, présentée par M. A. Müntz.

Cette maladie n'a guère fait l'objet d'études. Houlbert en attribue la cause à une nostocaccée qu'il appelle *oleonostoc moniliforme*, dont les filaments s'entourent d'une masse gélatineuse rendant le liquide filant. Meissner fait intervenir le *dematium pullulans*, des levures spéciales ou un microbe affectant la forme de chapelets. L'examen microscopique des cidres gras montre, en effet, souvent cette dernière forme.

J'ai isolé, par les méthodes habituelles, des cidres gras de la Manche, de la Mayenne et d'Ille-et-Vilaine, cidres jeunes et vieux, quatre ferments dont voici les principales propriétés.

Morphologie. — Leurs dimensions sont pour le ferment :
$a\,(3-16\times 1,5 \text{ à } 2^{\mu})$; $b\,(1,5-4,5\times 0,75 \text{ à } 1^{\mu})$; $c\,(1,5\times 0,75)$;

(¹) *Comptes rendus*, 15 mai 1911, p. 1328.
(²) Présentée dans la séance du 15 mai 1911.

d (1,5 — 4 × 1 à 1$^{\mu}$,5). Leur forme, plutôt bacillaire, montre des chaînes généralement, sinueuses pour *c*, plus ou moins arquées pour *b* et *d*, rectilignes pour *a*; les segments présentent une grande inégalité; on a des streptobacilles, des streptocoques, des diplobacilles et diplocoques. Ils sont enchevêtrés et rendent les liquides filants.

Ce sont des microbes plutôt anaérobies dont les colonies blanchâtres sont rondes, lenticulaires ou triédriques, se colorant facilement au rouge de Ziehl et au violet de gentiane.

Leur température optima est aux environs de 30°; la présence de glaire leur donne une résistance qui pour le ferment *a* a été de 5′ à 60°.

Physiologie. — Leur culture est facile en bouillon de haricots, eau de levure ou de touraillons sucrées, bouillon peptoné, sucré; le ferment *a* ne transforme pas le lait en apparence, mais y produit une odeur très agréable d'essence de pommes, *b* le coagule partiellement, *c* le rend filant avec coagulation, *d* le rend filant sans coaguler.

Leur principal aliment est le sucre et l'on pourrait déjà différencier nos 4 ferments par la prédilection qu'ils montrent vis-à-vis du saccharose, lévulose, glucose; le rang occupé pour chaque sucre varie avec le ferment; ainsi *c* préfère la glucose, facile à décomposer; *b* isolé du *même* cidre préfère la lévulose; cette constatation est intéressante, le cidre peut être ainsi exposé, à tout moment, à prendre la graisse par *c* à l'état jeune, par *b*, à l'état vieux. La lactose paraît être un des sucres les plus difficiles; les milieux additionnés d'arabinose deviennent filants par *a* et *b*, de dextrine pour *a* et *d*, de dulcite, mannite par le ferment *d*.

Une concentration de 15 à 20 pour 100 de saccharose n'empêche pas le filage.

Tous les ferments supportent 4 à 5 pour 100 d'alcool sans que le filage cesse; *c* est sensible à 3 pour 100.

L'acide tartrique à la dose de 2 pour 1000, les acides malique, citrique, lactique, succinique, acétique sont supportés à 3 pour 1000, le bimalate de chaux ou de potasse à la dose de 8 pour 1000; les phosphate, sulfate, nitrate de chaux, le phosphate de potasse exercent une action très favorable.

L'aliment azoté préféré est la peptone; on peut la remplacer partiellement par de la leucine pour *b* et *d*; même l'asparagine et le sulfate d'ammonique suffisent à *d*.

L'addition de levure morte, d'humus, de tannin (même jusqu'à 1 pour 1000) procure des cultures très florissantes et filantes, surtout pour les ferments *a* et *c*. M. Manceau et moi nous avions déjà signalé combien le tannin gêne peu le développement des ferments gras du vin [1].

L'expérience suivante, faite en bouillon peptoné, sucré et additionné ou non de 0,5 pour 1000 de tannin, montre à la fois l'influence du ferment et celle de la nature du sucre.

[1] *Comptes rendus*, t. 149.

Sucre disparu pour 100.

Milieu.	Saccharosé. Avec tannin.	Saccharosé. Sans tannin.	Glucosé. Avec tannin.	Glucosé. Sans tannin.	Lévulosé. Avec tannin.	Lévulosé. Sans tannin.
Ferment *a*.....	42,55	34,12	27,54	7,11	57,12	41,93
Ferment *b*.....	28,95	22,86	28,17	24,57	69,49	61,63
Ferment *c*.....	9,99	23,93	16,89	12,07	18,15	10,94

Les produits obtenus sont : alcool, CO^2, acide lactique, acide acétique, mannite (avec lévulose).

Lorsqu'on ensemence ces ferments dans les cidres stérilisés à froid, on voit que tous les cidres ne prennent pas la graisse.

La composition complexe de ces milieux, l'absence ou la présence de microorganismes favorisants, le degré alcoolique, la *richesse saccharine*, l'acidité, la présence de levure, la température de conservation, etc. sont autant de facteurs qui influent.

Les cidres qui ont complètement fermenté, qui ne contiennent plus de sucre, ne deviennent pas gras. L'ensemencement de levures sélectionnées bien actives, une température suffisante au moment de la fermentation, l'emploi d'eau propre, de vaisselle bien nettoyée, en un mot des soins hygiéniques judicieux et énergiques peuvent être indiqués pour prévenir cette désagréable affection qui sévit à l'état endémique dans certaines cidreries.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur des substances qui accompagnent l'oxyhémoglobine dans sa cristallisation.* Note de M. **Pierre Thomas**, présentée par M. E. Roux.

En abandonnant pendant quelques jours des échantillons d'oxyhémoglobine cristallisée sous une couche mince de divers dissolvants neutres : éther, éther de pétrole, chloroforme, etc., j'ai vu que ces dissolvants laissaient ensuite par évaporation un léger résidu [1]. L'expérience, répétée plusieurs fois avec des quantités variables de produits, a toujours donné un résultat identique.

Pour déterminer la nature de ces produits, j'ai opéré de la manière suivante :

[1] Il s'agissait, bien entendu, de dissolvants soigneusement redistillés et ne laissant aucun résidu par évaporation.

L'oxyhémoglobine a été préparée en partant de sang de cheval, préalablement défibriné. Les globules, séparés par centrifugation, ont été lavés à quatre reprises avec de l'eau salée à 9g par litre; la bouillie obtenue a été traitée par trois volumes d'eau chauffée à 45°, ce qui produit une hémolyse complète, et la solution débarrassée des stromas par centrifugation prolongée. Le liquide limpide, refroidi à 0°, a été additionné de $\frac{1}{4}$ de son volume d'alcool à 96° également refroidi et le mélange abandonné à 0° pendant 24 heures. Les cristaux formés en abondance sont rapidement essorés à la trompe, puis séchés aussitôt dans le vide, sur l'acide sulfurique, à la température ordinaire.

Le produit bien sec, pulvérisé au mortier, a été alors épuisé à plusieurs reprises par l'éther de pétrole, à la température ordinaire, et les liquides d'épuisement, soigneusement filtrés, ont été soumis à l'évaporation, dans une capsule à extrait tarée.

La poudre épuisée par l'éther de pétrole a été de nouveau desséchée, puis épuisée par du chloroforme, dans les mêmes conditions que la première fois, et l'extrait chloroformique recueilli à part.

Le dépôt abandonné par l'éther de pétrole est blanc, d'aspect gras, quelquefois cristallisé; il se dissout dans l'alcool, l'éther, le chloroforme; enfin il donne nettement, quoique avec lenteur, les réactions de la cholestérine (réactions de Salkowski, de Burchard). Il s'agit vraisemblablement d'un éther de la cholestérine, peut-être l'oléate, ou d'un mélange de ses éthers.

Quant au résidu de l'évaporation du chloroforme, c'est une substance jaunâtre, huileuse, soluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone; elle renferme du phosphore, mais ne donne pas, après hydrolyse, la réaction de la choline. Elle ne paraît donc pas identique à la lécithine, mais appartient sans doute au même groupe.

La quantité de ces substances qui peut être extraite est toujours très petite; elle varie de 0,3 à 0,4 pour 1000 de la quantité d'oxyhémoglobine traitée, pour l'extrait pétrolique, et de 0,1 à 0,2 pour 1000 pour l'extrait chloroformique. On ne peut donc songer, pour le moment, à les identifier d'une façon complète.

Je me suis demandé si des cristallisations répétées n'arriveraient pas à séparer complètement l'oxyhémoglobine des substances que je viens de signaler, et qui préexistent vraisemblablement à côté d'elle dans les hématies. J'ai alors préparé, en partant d'un même échantillon de sang de cheval, des fractions d'oxyhémoglobine ayant subi successivement 1, 2, 3, 4 et 5 cristallisations.

Les cristaux obtenus directement en partant du sang étaient partagés en deux lots; l'un était immédiatement séché dans le vide, tandis que le second était dissous dans la plus petite quantité possible d'eau chauffée à 45°. La solution centrifugée était refroidie, additionnée de $\frac{1}{4}$ de son volume d'alcool, et maintenue à 0°. La seconde cristallisation obtenue était alors traitée comme la première, et ainsi de suite.

Dans ces conditions, la proportion de substances solubles dans l'éther de

pétrole, qui était de 0,40 pour 100 dans la première fraction, est tombée à 0,25 pour 100 dans la deuxième, à 0,18 pour 100 dans la troisième; elle reste voisine de 0,20 pour 100 dans les deux suivantes. Quant aux substances solubles dans le chloroforme, leur teneur n'a diminué que faiblement de 0,16 pour 100 pour la première cristallisation, elle est passée à 0,10 pour 100 pour la cinquième. Il ne paraît donc pas possible de préparer de l'oxyhémoglobine complètement exempte de ces produits par simple cristallisation, même répétée.

Le mode de préparation paraît avoir une influence sur la quantité de matière entraînée par l'oxyhémoglobine pendant sa cristallisation. Des globules de sang de cheval, bien lavés, ont été divisés en deux parts : l'une a été hémolysée au moyen d'éther et d'eau, selon le procédé anciennement indiqué par Hoppe-Seyler; l'autre au moyen d'eau chaude seulement. Les cristaux provenant du liquide qui avait été agité avec l'éther abandonnent aux dissolvants, éther de pétrole et chloroforme, un peu plus de substance que ceux qui proviennent des globules simplement hémolysés par l'eau. Ce fait, qui semble imprévu, paraît cependant susceptible d'une explication : le liquide saturé d'éther se charge probablement d'une quantité plus grande de matériaux empruntés aux globules que ne le fait l'eau pure; les cristaux formés dans ce liquide entraînent par suite une proportion plus élevée de ces matériaux.

Je me propose de rechercher si les corps dont je viens de signaler la présence dans les cristaux d'oxyhémoglobine exercent une influence sur les propriétés de cette dernière.

GÉOLOGIE. — *Les facies de la formation marine stampienne, dans le bassin de l'Aquitaine.* Note [1] de M. G. **Vasseur**, présentée par M. Michel Lévy.

Les dépôts stampiens du bassin de l'Aquitaine offrent divers facies dont la répartition est intéressante à considérer, au point de vue paléogéographique.

On peut distinguer, en premier lieu, le *calcaire marin à astéries* et les *mollasses d'eau douce de l'Agenais*, qui appartiennent à la même époque [2].

---

[1] Présentée dans la séance du 8 mai 1911.

[2] Ce synchronisme a été démontré par Tournouer en 1867 (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 2e série, t. XXIV, Tableau, p. 448, et *loc. cit.*, 1869, p. 1012).

Vers le N, le calcaire à astéries prend les caractères d'un dépôt littoral. Les mollasses de l'Agenais se développent principalement à l'Est et au Sud-Est, où elles occupent une étendue considérable, dans le Quercy, l'Albigeois, le Castrais et le Pays toulousain.

Nous avons montré que cette formation argileuse et sableuse passe latéralement aux calcaires lacustres de Monbazillac, de Cieurac, de Cordes et de Briatexte ([1]). Les levers que nous avons exécutés avec la collaboration de MM. Blayac et Repelin, pour le Service de la Carte géologique (feuilles de Libourne et de La Réole), ainsi que nos dernières études relatives à la feuille de Villeréal, nous ont permis de saisir dans le détail les modifications de facies que nous venons de mentionner. Nous nous occuperons, dans la présente Note, de la délimitation et de la variation des facies marins.

Le calcaire à astéries, représenté dans le Médoc, le Blayais et les plateaux situés au nord de la Dordogne, acquiert une grande puissance dans l'Entre-deux-Mers. Il affleure encore, à la faveur des érosions, au sud de la Garonne, mais il disparaît, en s'abaissant au Sud-Ouest et au Sud, sous des formations géologiques d'âges plus récents.

Ce terrain, développé sur la rive droite de la Dordogne (30^m à 40^m), s'amincit vers le Nord, où il se charge de graviers et passe à une zone de poudingues ferrugineux (La Ruscade, la Poujade et Saint-Savin) ([2]).

Entre l'Isle et la Dordogne, nous avons constaté des modifications de facies, concordant avec les précédentes. Au Nord, la butte de Puynormand (112^m) est formée de marnes stampiennes à Bryozoaires; vers l'Est on retrouve, sur les coteaux de Carsac, Genduffe et Mouthe, des lambeaux du même terrain, constitués par des grès grossiers, renfermant des vestiges de fossiles marins; enfin dans les hauteurs de Monfaucon (nord du Fleix), nous avons observé le passage latéral du Stampien marin aux *sables du Périgord.*

Au sud de la Dordogne (feuille de La Réole), le calcaire à astéries est recouvert, sur de grandes étendues, par les mollasses de l'Agenais. Le dépôt marin offre fréquemment, à la base, une assise calcaire ou marneuse, renfermant *Ostrea longirostris* Lk. et *O.* cf. *cyathula* Lk. Les mollasses d'eau douces s'amincissent vers l'Ouest au fur et à mesure que les sédiments marins deviennent plus épais; elles disparaissent enfin dans les plateaux situés au nord de la Garonne, en aval de Loupiac ([3]).

([1]) Carte géologique au $\frac{1}{80000}$; feuilles de La Réole, Cahors, Albi et Toulouse.

([2]) Repelin, *Serv. Carte géol. Comptes rendus des collab.;* campagnes 1901-1902 et 1903-1904.

([3]) M. Repelin, Feuille de La Réole.

C'est en avançant vers l'Est, à partir de l'Entre-deux-Mers, qu'on observe les plus intéressantes modifications des dépôts stampiens. Le calcaire à Astéries diminue d'épaisseur et se charge progressivement de sable, pour passer latéralement à la mollasse. Le changement de facies atteint successivement, de haut en bas, les diverses assises de la formation marine, et c'est ainsi que vers Beaupuy, au nord de Marmande, on constate que les couches marines inférieures, devenues sableuses, sont en même temps les plus étendues.

Des changements semblables se montrent suivant une ligne passant au voisinage d'Auriac et de Margueron, mais à l'Est, l'assise inférieure du Stampien n'est plus représentée, sous les mollasses de l'Agenais, que par des marnes et des argiles à huîtres (O. *longirostris*, O. cf. *cyathula*), dont nous préciserons les limites ([1]).

Ce dépôt apparaît sur la feuille de la Réole, et s'étend principalement dans la région nord-ouest de la feuille de Villeréal. Il affleure sur le pourtour des hauteurs de Saussignac, Gageac, Thenac et Monbos, dans le plateau de Monbazillac, et atteint au Sud-Est la route de Limoges à Barèges (métairie de la Verdaugie).

Les marnes à *Ostrea* passent latéralement au Sud à une zone de calcaire blanc, sans fossiles, qui apparaît à l'Est, près de Colombier, et s'étend vers Bouniague et Mescoules, en se confondant, à la partie supérieure, avec le calcaire lacustre de Monbazillac.

La limite méridionale des dépôts saumâtres offre une direction générale SO, formant un angle aigu avec la ligne de rivage, suivie au nord du bassin.

La vallée de Lescouroux nous montre les marnes à huîtres affleurant depuis Sainte-Innocence, jusque dans les hauteurs de Soumensac.

L'assise fossilifère se perd au Sud entre Sainte-Eulalie, Eymet et Saint-Sulpice, mais on la retrouve au Sud-Ouest, dans la vallée du Dropt, au nord même d'Allemans.

La limite des eaux salées, dans cette partie du bassin, ne se révèle plus que par la disparition des huîtres dans la mollasse inférieure; elle traverse les hauteurs de Cambes, se continue vers La Chapelle, et rencontre la vallée de la Garonne au nord-nord-est de Marmande; mais à mesure que le golfe s'élargit à l'Ouest, les dépôts inférieurs de l'étage subissent une dernière modification.

Les sédiments vaseux de la partie orientale du bassin sont, en effet, progressivement remplacés par des couches généralement sableuses, et l'on observe, dans ce dépôt, une faunule marine (*Amphiope Agassizi*, *pectens*, *Bryozoaires*, etc.), qui s'appauvrit jusqu'à disparaître à l'Est, dans les mollasses de l'Agenais.

La limite que nous avons tracée, passe sur la rive gauche de la Garonne,

([1]) Des sables fins, plus ou moins argileux, sont parfois intercalés dans ces marnes.

entre Meilhan et Marcellus [1], où les mollasses de l'Agenais reposent directement sur le Sannoisien.

La région des Landes, que nous atteignons maintenant, ne nous permet pas de poursuivre nos observations vers le Sud et le Sud-Ouest. Le Stampien marin disparaît rapidement sous les mollasses de l'Agenais et l'étage, en son entier, recouvert ensuite d'un épais manteau de sédiments plus récents, ne revient au jour que dans la Chalosse.

GÉOLOGIE. — *Sur la faune à goniatites du Carbonifère inférieur et du Dévonien supérieur trouvée en Nouvelle-Zemble.* Note de M. V. **Roussanof**, présentée par M. A. Lacroix.

Pendant l'été de 1910, j'ai dirigé une expédition organisée par M. Sosnovsky, gouverneur d'Arkhangel (Russie), avec le concours de M. Maslenikow qui nous a donné un bateau. S. A. S. le Prince de Monaco nous a fourni très obligeamment des instruments océanographiques.

Nous avons doublé l'extrême nord de la Nouvelle-Zemble, malgré les banquises, et nous sommes revenus par la mer de Kara et le détroit Matoschkin Char.

J'ai étudié, au Muséum d'Histoire naturelle, chez M. Boule, et à la Sorbonne, chez M. Haug, une partie des fossiles rapportés par cette expédition du nord de la Nouvelle-Zemble.

Dans l'île Berkh, par 75°52′ latitude nord et 58°50 longitude est de Greenwich, M. Ivanoff, zoologiste de l'expédition, a recueilli *Glyphioceras sphæricus* Mart., et j'ai trouvé moi-même les espèces suivantes :

Glyphioceras striatus Sow., *G.* cf. *platylobus* Phill., *G.* cf *mutabile* Phill., *Orthoceras* cf. *incomitatum* M'Coy., *Phillipsia Eichwaldi* Fisch., *Productus comoides* Sow., *P. punctatus* Mart., *P. pustulosus* Phill., *P. striatus* Fisch., *P. ermineus* De Kon., *P. giganteus* Mart., *P. latissimus* Sow., *P. mamatus* Keyser., *P. semireticulatus* Mart., *P. concinnus* Sow., *P. sulcatus* Sow., *P. æquicostatus* Shum., *P. mongolicus* Dien., *P. tortilis* M'Coy., *P. acuarius* De Kon., *P. mesolobus* Phill., *Marginifera longispina* Sow., *Martinia glabra* Mart., *M. rhomboidalis* M'Coy, *Spirifer* cf. *rotundus* Sow., *Rhynconella pleurodon* Phill., *Terebratula sacculus* Mart., *Pecten depilis* M'Coy, *Enomphalus planorbis* De Kon., *E. pileopsideus* Phill., *Bellorophon obsoletus* M'Coy, *B. tenuifascia* Sow., *Lithostrotion jonceum* Flem.

---

[1] Feuille de la Réole. Levers de M. Repelin.

Tous ces fossiles se trouvent dans une bande de calcaire gris qui occupe la région centrale et la plus élevée (180^m) de l'île Berkh.

Cette faune comprend les fossiles les plus caractéristiques de l'étage dinantien supérieur (Viséen); mais on remarquera que les fossiles carbonifères sont associés à quelques représentants du Dévonien supérieur.

Dans l'île Litschutin, voisine de l'île Berkh, j'ai pu reconnaître des espèces dévoniennes : *Atrypa reticularis* Linn et *Spirifer Verneuili* associées à *Orthis resupinata* Mart., à des coraux et des Crinoïdes indéterminables.

Une coupe de l'île Berkh, dirigée du NO au SE, montre la succession des couches suivantes :

1° Calcaire gris, non fossilifère, rempli de veines de calcite (épaisseur 500^m).

2° Calcaire gris à Goniatites et Productidés, que je considère comme dinantien (épaisseur plus de 800^m).

3° Schiste argileux non fossilifère (200^m à 300^m).

Le détroit qui sépare l'île Berkh de l'île Litschutin a 1400^m de large.

Voici la coupe de l'île Litschutin dirigée du NO au SE, comme le prolongement de la coupe précédente :

1° Conglomérats et grès sans fossiles.

2° Calcaire noir dévonien à *Atrypa reticularis*.

3° Schiste vert sans fossiles.

La direction des couches dans les îles Berkh et Litschutin est du SO au NE. Le plongement de ces couches est SE. Or la série paraît renversée, car les couches les plus anciennes recouvrent les couches plus récentes : Dévonien sur Carbonifère.

Le plongement des couches à l'Est et au Sud-Est, le plus fréquent en Nouvelle-Zemble, semble indiquer que les mouvements orogéniques se sont faits de l'Est vers l'Ouest, c'est-à-dire que les couches ont été poussées du bord du continent sibérien au large de l'océan Glacial.

En dehors de l'île Berkh, j'ai fait des observations sur d'autres points de la Nouvelle-Zemble.

J'ai trouvé des formations coralligènes du Dévonien sur les côtes orientales, près de la mer de Kara. Dans la presqu'île Cinq-Doigts j'ai recueilli : *Alveolites suborbicularis* Lam., *Favorites Hamiltone* Hall, avec des espèces nouvelles de Brachiopodes.

L'extrême nord de la Nouvelle-Zemble, au cap du Désir, est composé de conglomérats. J'ai pu constater qu'une partie de ces conglomérats renferment des fragments arrondis de *Favosites fidelis* Barr. Donc l'âge de la formation des conglomérats n'est pas antérieur au Dévonien.

Au sud-ouest de la Nouvelle-Zemble, dans le golfe Belouchia, j'ai recueilli en 1909 *Glyphioceras* cf. *diadema* Goldf. Plus au Sud, dans le golfe Propaschaïa, les Samoyèdes, sur mes indications, m'ont apporté des fossiles très intéressants du Dévonien supérieur : *Tornoceras simplex* Buch, *Timanites acutum* Keyser, *Orthoceras* cf. *peleus* Barr., *Bactrites subflexosus* Keyser, *Cyrtoceras* cf. *obliquum* Foord, *Platyostoma lineata* Conrad, *Pleurotomaria* cf. *baschkirica* Tschern. Tous ces fossiles sont parfaitement conservés; ils présentent un facies bathyal très analogue à celui du Domanik du Timan.

La mer du Dévonien supérieur devait aller du Timan en Nouvelle-Zemble. Une pareille communication semble avoir existé pendant le Carbonifère inférieur entre la Nouvelle-Zemble et la mer de l'Europe occidentale (Visé, Yorkshire, etc.).

L'expédition que je prépare pour juillet prochain a pour but l'exploration de la partie sud de la Nouvelle-Zemble et en particulier du golfe Propaschaïa dont la faune à Goniatites du Timan est si intéressante.

L'intérieur de l'île nord de la Nouvelle-Zemble est recouverte par une calotte glaciaire continue. L'étude des dépôts morainiques arrachés au cimes isolées de l'intérieur du pays peut donner des renseignements importants sur la géologie des régions inaccessibles. Par exemple, dans les dépôts morainiques des golfes de Barentz, Krestovaïa, Machiguina, Arkhangelskaïa et de la presqu'île Amirauté, on trouve des blocs erratiques avec *Productus transversalis* Tschern., *P. pseudomedusa* Tschern., *P. timanicus* Stuck., cette dernière espèce est la plus abondante.

Il semble que la faune de ces blocs prouve l'existence d'une longue bande, probablement puissante, des terrains permocarbonifères, cachés sous la glace à l'intérieur de la Nouvelle-Zemble.

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 18 avril 1911.)

Note de M. *Ph. van Tieghem*, Place des Triuracées dans la classe des Monocotyles :

Page 1043, ligne 18, *au lieu de* Par là, en effet, elles se montrent voisines des Métadiodées, *lire* Par là, en effet, elles se montrent des Métadiodées.

(Séance du 1er mai 1911.)

Note de M. *Oechsner de Coninck*, Détermination du poids moléculaire de l'oxyde uraneux :

Page 1179, ligne 16, *au lieu de* $UO^2, 2H^2O$, *lire* $UO^3, 2H^2O$.

(Séance du 8 mai 1911.)

Note de MM. *A. Michel Lévy* et *A. Lacroix*, Les matériaux des éruptions explosives rhyolitiques et trachytiques du volcan du Mont-Dore :

Page 1204, ligne 6, *au lieu de* est mise en évidence, *lire* est mise en relief.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte la séance du lundi 5 juin est renvoyée au mardi 6.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Explication simple des protubérances solaires et d'autres phénomènes par des champs magnétiques très faibles.* Note de M. **H. Deslandres**.

Une Note récente des *Comptes rendus* (t. 152, 1911, p. 1281), par Deslandres et Burson, annonce une propriété nouvelle des protubérances solaires, reconnue avec le spectro-enregistreur des vitesses de Meudon. Les mouvements des protubérances, par rapport à la chromosphère et immédiatement au-dessus d'elle, mouvements révélés par le spectrographe aux bords Est et Ouest, ont lieu, neuf fois sur dix, dans le sens de la rotation de l'astre.

D'autre part, en 1908, à la suite des recherches faites avec d'Azambuja sur les couches supérieures de la chromosphère (1), j'ai annoncé et précisé le lien des protubérances avec le réseau de lignes noires, nommées *filaments et alignements*, qui est un des caractères principaux de l'atmosphère supérieure. Souvent ces lignes noires sont accompagnées de protubérances; mais la protubérance brillante n'est pas juste au-dessus, elle est sur les côtés et même en général d'un seul côté.

Enfin, en 1909, avec le spectro-enregistreur des vitesses, j'ai reconnu

---

(1) *Caractères de la couche supérieure du calcium* (*Comptes rendus*, t. 147, 1900, p. 1016).

que, au-dessus du filament noir, la vapeur s'élève constamment, et avec une vitesse de même ordre que la vitesse linéaire de rotation (1).

Or, en réunissant tous ces faits, je suis conduit à une explication simple du phénomène, qui suppose simplement, d'une part, *l'existence* d'un champ magnétique solaire analogue à celui de la Terre, et, d'autre part, l'ionisation du gaz des filaments et protubérances avec la prédominance des ions d'un même signe.

L'hypothèse d'un champ magnétique solaire n'est pas nouvelle; et, en ce qui me concerne, j'ai déjà admis ce champ en 1896, pour expliquer la courbure des rayons de la couronne près des pôles, ces rayons étant attribués à des rayons cathodiques issus de la chromosphère supérieure. J'ai ajouté de plus que les nombreuses particules circulant autour du Soleil avec une grande vitesse, devaient avoir une charge électrique positive due à l'action de la lumière ultraviolette; ce qui crée autour du Soleil un champ magnétique spécial (2).

En 1910, j'ai invoqué ce même champ pour expliquer le retard des perturbations magnétiques terrestres par rapport au passage dans le méridien central solaire des grosses taches qui sont supposées les produire par leur rayonnement corpusculaire. Enfin, en 1902, j'ai expliqué aussi par un champ magnétique (qui peut être extrêmement faible) la courbure des deux spires opposées des nébuleuses spirales (3).

Le même ordre d'idées me conduit à expliquer aussi simplement les phénomènes des protubérances, énumérés ci-dessus. Considérons un ion solaire qui s'élève verticalement avec le gaz du filament et avec une vitesse comparable à la vitesse linéaire de rotation. Il est courbé par le champ magnétique, dont la direction est contenue dans le plan méridien ou fait avec ce plan un angle faible. La force exercée sur l'ion est ainsi à peu près perpendiculaire au méridien, ou parallèle à la vitesse de rotation, qu'elle augmente ou diminue suivant son signe. L'ion s'écarte ainsi du filament et vient former la protubérance brillante sur l'un des côtés. Comme l'observation nous apprend que cette protubérance, à sa base tout au moins, offre une rotation plus rapide, il en résulte une relation nécessaire entre le sens

---

(1) *Recherches sur les mouvements de la couche supérieure de l'atmosphère solaire* (*Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 179).

(2) *Observations de l'éclipse totale de* 1893 *au Sénégal*, Gauthier-Villars, mars 1896, et *Annales du Bureau des Longitudes*, t. V, 1897.

(3) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 71, et t. 134, 1902, p. 1136 et 1486.

du champ et le signe de la charge électrique de l'ion. Si le champ solaire à les mêmes directions générales et le même sens que le champ terrestre, la charge doit être négative.

Les autres particularités du phénomène s'expliquent avec la même aisance. Le champ magnétique, comme on sait, ne modifie pas la grandeur de la vitesse de l'ion, mais seulement sa direction; si on le suppose constant, l'ion décrit une hélice sur un cylindre dont l'axe est parallèle à la direction du champ. Sa trajectoire, d'abord verticale et perpendiculaire au rayon visuel, s'infléchit au début dans le sens de la rotation, et ensuite dans le sens contraire; lorsqu'on s'éloigne du Soleil, la vitesse radiale augmente et

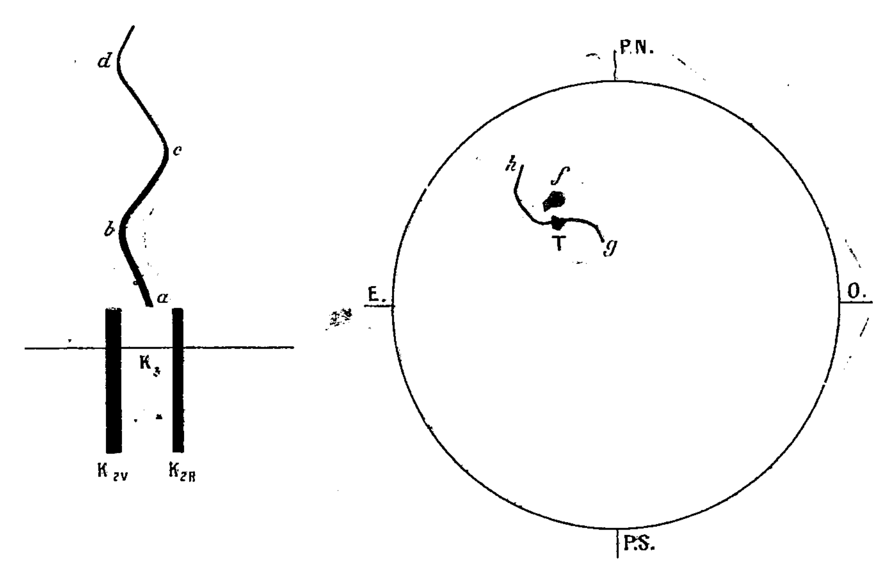


Fig. 1. — Spectre d'une section faite au bord solaire et dans une belle protubérance.

Fig. 2. — Principaux détails autour d'une tache du 28 mars 1910, relevés dans l'image de la couche supérieure de l'hydrogène. T, tache; T*h*, T*g*, spires opposées; *f*, plage brillante.

diminue alternativement entre les limites $a + v\sin\theta$, $a - v\sin\theta$, a étant la vitesse de rotation, v la vitesse verticale et θ l'angle de cette dernière vitesse avec la direction du champ. Ces oscillations continuent tant que les conditions initiales restent les mêmes; or elles expliquent aisément les déplacements alternativement positifs et négatifs observés dans les protubérances hautes, représentées aux points *b*, *c*, *d* de la figure 1, et signalés dans la Note précédente du 15 mai.

Un petit nombre de ces protubérances, il est vrai, offre à la base un

déplacement en sens inverse de la rotation; mais deux causes admissibles se présentent à l'esprit : les ions solaires qui s'élèvent n'ont pas toujours le même signe; en effet, il arrive parfois que la protubérance est sur les deux côtés du filament et non sur un seul, le cas du seul côté étant beaucoup plus fréquent. D'autre part, les protubérances hautes sont visibles non seulement au bord même de l'astre, mais à une distance notable en avant et en arrière; leur base se confond alors avec le disque, et la partie qui en émerge peut justement correspondre à la seconde phase de leur mouvement, à la phase de la vitesse opposée à la rotation. Ce dernier point se prête à une vérification, à l'aide de nos épreuves K_3 du calcium, qui, comme on sait, donnent avec la même pose la couche supérieure et les protubérances; même, le plus souvent, on peut décider si la protubérance est au bord, en avant ou en arrière. Or, sur 11 protubérances de 1908, qui ont à la base un déplacement en sens inverse de la rotation, j'en ai compté 9 qui sont nettement en avant ou en arrière.

Le champ magnétique explique donc bien l'allure générale et le sens des phénomènes, il explique aussi bien leur grandeur; car le champ qui est nécessaire est extrêmement faible. On calcule aisément son intensité moyenne avec les données mêmes de l'observation, et en partant de la formule classique $H\rho = \frac{m}{e} v \sin\theta$, dans laquelle H est le champ magnétique, ρ le rayon du cylindre sur lequel l'ion se déplace, $\frac{m}{e}$ le rapport de la masse de l'ion à sa charge électrique, v sa vitesse et θ l'angle constant de cette vitesse avec la direction du champ. Or $v \sin\theta$ est donné par le déplacement maximum de la raie spectrale, et ρ est du même ordre qu'une spire de l'hélice décrite, spire qui est directement mesurable sur l'épreuve. Dans le cas moyen qui correspond à $\theta = 45°$, la spire est égale à la circonférence dont le rayon est ρ.

D'après nos mesures, on peut, dans une première approximation, adopter pour $v \sin\theta$ le nombre moyen 4×10^5 et pour ρ le nombre moyen 4×10^8. D'autre part $\frac{m}{e}$ est égal environ à 10^{-4}; et l'on en déduit $H = 10^{-7}$. Le champ nécessaire est seulement de l'ordre de la millionième partie du champ terrestre.

Le champ magnétique est d'autant plus facile à admettre qu'il est plus petit; or il existe certainement et pour plusieurs raisons. Il y a d'abord les particules positives, déjà notées, qui circulent autour du Soleil avec une grande vitesse dans le sens direct, et qui donnent un champ ayant les mêmes direc-

tions générales que le champ terrestre (direction Sud-Nord). Ce champ doit avoir des variations grandes en intensité et direction [1].

D'autres causes ont été présentées par divers auteurs. En particulier, Arrhenius, s'appuyant sur la pression de radiation et les phénomènes de condensation, montre, en 1901, que le Soleil doit rejeter en dehors de lui des ions négatifs, et recevoir de l'espace des électrons négatifs attirés, la charge finale du Soleil étant positive. En 1903, J.-J. Thomson invoque les expériences récentes sur le rayonnement corpusculaire des corps incandescents et note que la photosphère doit émettre avec force des électrons négatifs. Enfin récemment Brester suppose la surface solaire fortement radioactive, et donc une émission intense de rayons α, β, γ.

La répartition des charges libres dans la surface et dans les couches de la chromosphère, et les champs magnétiques correspondants peuvent être assez complexes. On a admis la surface positive et au-dessus successivement des couches négative, positive et négative, ou plus simplement une couche basse positive et une couche haute négative, avec un excès des charges positives dans tous les cas.

Si l'on considère spécialement la chromosphère supérieure et les régions au-dessus d'elle, le champ magnétique y est probablement, au moins pour la direction et le sens, identique au champ terrestre. Mais, quel qu'il soit, le champ agit sur les ions solaires et modifie leur mouvement; il impose un déplacement horizontal si le mouvement est vertical, et un déplacement à la fois horizontal et vertical si le mouvement est horizontal. Il doit ainsi dévier d'une manière notable les grands courants de convection de l'atmosphère supérieure, les tourbillons cellulaires, récemment reconnus à Meudon; l'effet produit est facile à prévoir.

Prenons en particulier le cas de la tache, si bien étudiée par Evershed,

---

(1) Ces particules tournent dans le sens direct comme les comètes périodiques, mais avec de grandes variations dans l'intensité des essaims, dans l'excentricité et l'inclinaison des orbites : d'où une variation notable du champ résultant qui, point important, agit sur la chromosphère supérieure ionisée et tend à la faire tourner autour d'un axe qui lui est parallèle. On peut expliquer ainsi les variations déjà notées des couches supérieures.

Le même mécanisme entraînerait la rotation progressive d'un astre central supposé d'abord immobile et sans rotation, mais porté à une haute température qui assure une forte émission d'électrons, si, de plus, il est entouré de particules tournant dans le même sens. Cette remarque conduit à une théorie de la rotation des corps célestes basée sur les propriétés de leur rayonnement corpusculaire.

vers laquelle convergent tous les filets gazeux du voisinage. Le champ agit différemment sur ces filets ; il dévie horizontalement et en sens opposés les deux filets gazeux parallèles au méridien et, d'autre part, vers le haut et vers le bas, les deux filets perpendiculaires. Il y a tendance à la formation non d'un tourbillon ordinaire, perpendiculaire à un même axe, mais d'une surface gauche spéciale à quatre nappes. Or, l'expérience vérifie ces prévisions; elles sont réalisées sur nos images de la couche supérieure de l'hydrogène avec la raie rouge $H\alpha$.

En 1908, Hale a annoncé un mouvement tourbillonnaire (*solar vortices*) autour des taches, dans ses images de $H\alpha$, complexes et formées par la réunion de couches différentes. Or, sur nos images de $H\alpha$, qui sont plus pures, l'apparence nette d'un tourbillon se montre rarement, une fois sur vingt (ainsi que pour les taches de la surface), et seulement sur les taches régulières, simples, éloignées de toute autre tache ou pore; et, même dans ce cas, les spires nettes sont visibles seulement dans deux quadrants opposés ; les deux autres quadrants ont des détails irréguliers et l'un d'eux en général présente une plage brillante ([1]). Tel est le cas de la tache du 28 mars 1910, reproduite dans la figure 2 ; le groupement des détails y est conforme à l'action d'un champ magnétique faible, et même il implique une charge électrique négative dans les ions qui convergent vers la tache ([2]).

On pourrait multiplier les exemples de la dépendance entre le champ magnétique et les ions solaires ([3]). J'en citerai un seul de plus, de manière à compléter les résultats précédents : on a annoncé à diverses reprises une descente générale des vapeurs K_3, du calcium, descente attribuée même jadis à une chute de météores; or cette descente, sous l'action du champ, entraîne une modification de la vitesse de rotation qui, en effet, a été trouvée plus rapide que celle des couches basses. Il faut seulement que, avec le champ supposé, les météores et ions qui descendent aient une charge positive, ce qui est fort admissible.

En résumé, le champ magnétique admis dans les couches supérieures

---

([1]) D'après la théorie, dans un quadrant, le gaz s'élève ; d'où peut-être les protubérances signalées déjà près des taches.

([2]) On suppose toujours que le champ a les mêmes directions générales et le sens du champ terrestre.

([3]) Chrétien a développé en 1909 (*Bulletin de la Société astronomique*) plusieurs conséquences des actions électrostatiques et électrodynamiques dans le système solaire.

solaires, quoique très faible, explique bien toute une série de phénomènes, jusqu'alors mystérieux, et doit être retenu. Même on est conduit à supposer un champ magnétique semblable, et des phénomènes similaires dans les couches supérieures de notre atmosphère, fortement ionisées.

D'ailleurs les ions et électrons qui circulent dans l'espace interstellaire, doivent créer en chaque point de cet espace un champ magnétique; ce qui conduit à admettre plus facilement la théorie que j'ai proposée en 1902 pour expliquer les spires des nébuleuses. Le champ magnétique nécessaire avec la nébuleuse doit être énormément plus petit que le champ magnétique très faible reconnu aux limites de la chromosphère solaire ([1]).

Je terminerai par la remarque suivante : Hale a reconnu dans les taches un champ magnétique intense (3000 gauss), capable de produire un effet Zeeman, mais confiné aux taches elles-mêmes et aux couches basses. La Note actuelle met en relief dans la couche haute entière et tout autour un champ magnétique extrêmement petit, tellement petit qu'il échapperait à nos instruments de laboratoire. Ce champ, agissant sur de grands espaces, se révèle par les inflexions à grand rayon de courbure qu'il impose aux courants de matière, et qui sont observables à grande distance.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur un projet de Carte internationale et de Repères aéronautiques.* Note ([2]) de M. **Ch. Lallemand.**

I. *Exposé préliminaire.* — Hier encore dans la phase des tâtonnements et des essais, le dirigeable et surtout l'aéroplane entrent maintenant dans l'ère des applications pratiques. L'heure est venue de donner à la navigation aérienne, pour s'orienter, des moyens analogues à ceux dont sont depuis longtemps pourvues la navigation maritime et la locomotion terrestre.

Qu'il se meuve sur mer, dans l'air ou sur terre, le pilote a toujours un même et triple problème à résoudre. Il lui faut, de temps en temps : 1° Reconnaître le lieu où il se trouve; 2° Déterminer la direction du but; 3° Évaluer sommairement la distance restant à franchir.

Pour la locomotion terrestre, on a singulièrement facilité la solution de ces problèmes, en créant des cartes spéciales et en disposant, le long des principaux itinéraires, des signaux convenables, tels que bornes kilométriques, plaques indicatrices de distance et de localités, poteaux de bifurcations, etc.

([1]) Il conviendrait de rechercher si certaines nébuleuses n'offrent pas la surface gauche à quatre nappes, indiquée pour les taches solaires.

([2]) Présentée dans la séance du 3 avril 1911.

Mais le balisage des routes suppose des trajets invariables et en nombre limité. Admirablement adapté au cas des voyages par terre, ce système est encore, dans une certaine mesure, applicable au cabotage, c'est-à-dire à la navigation le long des côtes ou dans les estuaires. Pour la navigation de haute mer par contre, il est irréalisable et, pour la navigation aérienne elle-même, il perd, en temps de brouillard, toute efficacité.

Nécessairement, dans ces deux derniers cas, l'emploi de la boussole s'impose. Malgré la brume ou l'absence de signaux, le *compas*, en effet, permet de suivre la direction du but, préalablement déterminée et, dans le cas d'un voyage aérien, repérée, au départ, sur des objets très visibles à l'horizon. Connaissant sa vitesse de marche, le pilote, à chaque instant, peut ensuite évaluer à peu près le chemin parcouru et en déduire approximativement sa position. C'est ce qu'on appelle *voyager à l'estime*. Cette position, le cas échéant, sera rectifiée en cours de route, d'après les indications d'une carte et la reconnaissance de certains points caractéristiques du terrain, tels que monuments élevés, bifurcations de routes, confluents de rivières, etc.

Mais le compas ne suffit pas toujours. A l'insu du pilote, un courant peut faire dériver le navire ; une intempestive saute de vent peut jeter hors de sa route le dirigeable ou l'aéroplane navigant dans le brouillard ou par-dessus les nuages (¹). Aussi le marin, de temps à autre, et le pilote aérien, dès que la brume s'est dissipée, doivent-ils reconnaître leur position, autrement dit *faire le point*, et rectifier en conséquence la route, si besoin est.

Le marin, pour cela, s'adresse aux astres et, de leur observation, déduit, par le calcul, les coordonnées géographiques, longitude et latitude, du lieu où il se trouve. Mais les conditions plutôt précaires de l'installation à bord rendraient assez difficile l'emploi de cette méthode par l'aviateur ou l'aéronaute. Heureusement pour eux la course au-dessus des mers est l'exception. On peut leur éviter tout calcul en disposant, à des intervalles convenablement répartis et sur tout le territoire, des *repères aéronautiques*, c'est-à-dire en écrivant sur le sol même, ou sur des toits d'édifices, au moyen de signes conventionnels et en caractères très apparents, les coordonnées, distances à un méridien et à un parallèle origines, comme l'avait proposé M. Quinton, ou mieux longitude et latitude, du point correspondant.

Ayant lu ces coordonnées, le pilote, muni d'une carte, aurait tous les éléments nécessaires pour calculer la distance du but et son nouvel *orientement*, c'est-à-dire l'angle fait, avec la ligne Nord-Sud, par la direction à suivre.

(¹) La dérive est plus à craindre encore dans l'air que sur mer. Elle croît en effet avec la vitesse du courant perturbateur. Et celle-ci, assez faible en mer (8^{km} à 9^{km} à l'heure au maximum pour le Gulfstream) peut facilement atteindre le quadruple dans l'atmosphère (30^{km} à l'heure pour la vitesse moyenne du vent à la Tour Eiffel et 70^{km} pour la vitesse maxima). De plus, tandis que les navires n'offrent à l'action des courants superficiels qu'une mince tranche de leur coque, les aéroplanes et dirigeables, au contraire, offrent au vent leur surface entière. Aussi, pour eux, l'erreur de route peut-elle devenir énorme. Récemment, un aviateur, surpris par la brume et parti de Paris pour se rendre à Poitiers, est venu atterrir dans l'Allier.

Malgré tous les artifices, néanmoins, ce calcul reste assez long et délicat. Aussi, comme la plupart des marins, l'aéronaute, ou l'aviateur, préféreront-ils marquer ce point sur une carte, ou même, plus simplement, comme l'a proposé le lieutenant-colonel Estienne, le reporter sur un canevas simplifié, tel que celui de la figure 1 ci-après, formé par le tableau d'assemblage de la carte détaillée, où ils liront ensuite les valeurs approchées des deux éléments, distance et orientement, dont ils ont besoin.

Un aviateur, par exemple, passant à Bourges (point noir marqué au bas de la feuille 72) et se dirigeant sur Pau (point noir marqué dans la partie inférieure de la feuille 39), verrait de suite que le chemin restant à parcourir représente la valeur d'à peu près $4^\circ\frac{1}{4}$ de latitude, mesurés sur le même canevas; chaque degré valant 111^{km}, cette distance, arrondie, correspond à 470^{km}. D'autre part, la route à suivre fait, à l'Ouest, un angle de 26° à 27° avec le méridien sud, soit d'environ 40° avec le Sud magnétique (la déviation de l'aiguille aimantée, à Bourges, étant d'un peu plus de $13^\circ\frac{1}{2}$ vers l'Ouest). Le compas devra marquer le complément, soit 140°,0, rapporté au Nord magnétique.

A la rigueur, ce canevas pourrait suffire pour la route, mais une carte détaillée reste nécessaire pour l'atterrissage.

Après examen de nombreux systèmes, la Commission permanente de navigation aérienne, instituée au Ministère des Travaux publics, vient d'adopter, pour cette carte et pour les repères aéronautiques, les solutions ci-après, qui paraissent les plus simples et en même temps les plus susceptibles d'être adoptées, à notre suite, par les autres nations.

II. *Carte aeronautique*. — Pour atteindre son but, une carte aéronautique doit figurer seulement les détails caractéristiques du terrain, tels que chemins de fer, grandes routes, canaux, fleuves et rivières, lacs, forêts, bois, masses de cultures, grosses agglomérations avec leur contour extérieur et leurs principales traverses, grandes usines isolées, clochers, tours élevées et en général toutes les constructions susceptibles d'attirer de loin l'attention du pilote par leur forme, leurs dimensions, leur couleur ou leur situation; les tourbières, haies denses, canaux d'irrigation ou d'asséchement, lignes de transport d'énergie électrique courant à travers champs et en général tous les objets susceptibles de gêner l'atterrissage; enfin les gazomètres, aérodromes et hangars pouvant servir de refuge ou fournir du secours.

De l'avis unanime des intéressés, l'échelle du $\frac{1}{200000}$ paraît la plus convenable. Il existe bien déjà des cartes à cette échelle dans les divers pays; mais conçues en vue de buts spéciaux, économiques ou stratégiques, elles ne répondent en général qu'imparfaitement, pour le reste, aux besoins des aéronautes et des aviateurs. Une nouvelle carte spéciale est nécessaire. Le commandant Pollachi, du Service géographique de l'armée, d'une part, et le commandant Talon, pour le compte de l'Aéro-Club, d'autre part, en

ont dressé et soumis de fort beaux spécimens à la Commission; elle a fixé son choix sur le second type.

De plus, sur ma proposition, la Commission a décidé que la future carte serait en quelque sorte la *monnaie* de la Carte internationale du monde au millionième, pour l'exécution de laquelle, sous les auspices de l'Angleterre, une entente est récemment intervenue entre les principaux États civilisés.

Cette carte servirait de tableau d'assemblage pour la future carte aéronautique; on l'utiliserait aussi pour dresser les avant-projets de voyages à grande distance.

La carte mondiale est construite avec le mètre comme unité de longueur, le méridien de Greenwich comme origine des longitudes et l'équateur comme origine des latitudes. La carte est coupée, suivant les méridiens, de 6° en 6° et, suivant les parallèles, de 4° en 4°.

A partir de l'anti-méridien de Greenwich, les 60 fuseaux, de chacun 6° de largeur, sont numérotés de 1 à 60 dans le sens de l'Ouest à l'Est, tandis que, de part et d'autre de l'équateur, les 22 zones de 4° de hauteur sont désignées par les vingt-deux premières lettres de l'alphabet, les deux calottes polaires, de 2° de rayon, portant la lettre Z.

Chaque feuille est désignée par la lettre de la zone et par le numéro du fuseau à la croisée desquels on la trouve. Ainsi la feuille de *Paris* (voir *fig.* 1) a, pour matricule, M. 31.

D'après ce qui vient d'être dit, la carte aéronautique doit être coupée suivant les méridiens et les parallèles. Chaque feuille comprend 1° en longitude et en latitude. Vingt-quatre de ces feuilles sont contenues dans une feuille de la carte au millionième; leur échelle, d'autre part, étant cinq fois plus grande, elles ont à peu près les mêmes dimensions que cette dernière.

Une simplification doit cependant être apportée à la notation des coordonnées.

Pour éviter la gênante distinction des longitudes Est et Ouest et des latitudes Nord et Sud, avec les changements corrélatifs de sens qui en résultent pour l'estime des appoints, j'ai proposé et la Commission a décidé de chiffrer les longitudes de 0° à 360°, de l'Ouest à l'Est, à partir de l'antiméridien de Greenwich et de substituer aux latitudes les distances au pôle Sud, comptées de 0° à 180°; ce dernier pôle a été choisi de préférence, à l'effet de conserver, dans l'hémisphère Nord où se trouve la majeure partie des terres habitées, le sens croissant habituel des latitudes.

Ces nouvelles notations seraient, concurremment avec les premières,

portées, comme le montre la figure 1, sur deux des marges correspondantes des feuilles de la Carte mondiale et du Tableau d'assemblage. Le Comité international consultatif de cette dernière carte ne ferait sans doute pas de difficultés à autoriser cette addition.

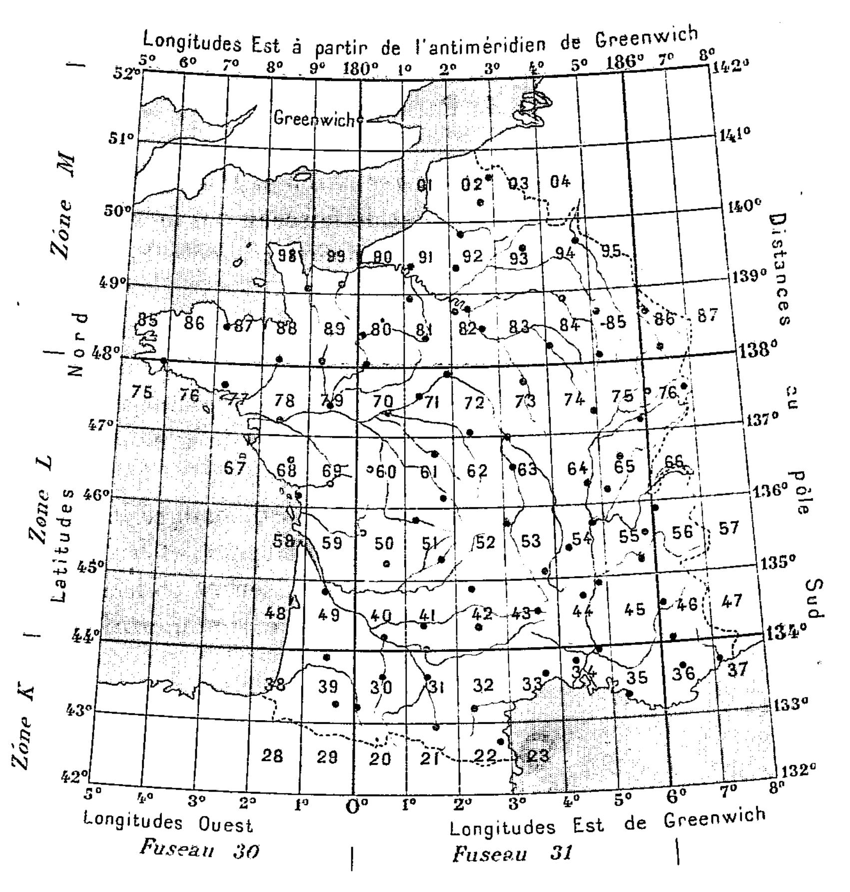


Fig. 1. — *Tableau montrant, pour la France, l'assemblage de la Carte aéronautique internationale au* $\frac{1}{200\,000}$. — Les feuilles de la Carte du monde au millionième sont figurées par les traits forts. Les numéros des fuseaux correspondants et les lettres des zones sont indiqués dans les marges. Le numéro de chaque feuille est formé par la réunion du chiffre des unités de degrés de la latitude avec le chiffre correspondant pour la longitude.

Les points noirs marquent les chefs-lieux de départements.

Chacune des feuilles de la carte aéronautique sera désignée, d'abord par le nom de la ville la plus importante située à l'intérieur, et ensuite par les coordonnées de son angle inférieur gauche (angle SO), qui représenteront ainsi, pour tous les points de la feuille, les parties entières de la longitude

et de la distance polaire, exprimées en degrés. Il suffira d'y ajouter, en *minutes*, les appoints convenables, lus sur les échelles marginales.

La carte aéronautique sera construite dans le système polyconique de projection adopté pour la carte du monde.

En ce qui touche la France, on se contentera d'assembler et de réduire de moitié les feuilles de la Carte au $\frac{1}{100000}$ du Ministère de l'Intérieur, dont les coupures sont faites respectivement de 30′ en 30′ sur les longitudes, comptées à partir du méridien de Paris, et de 15′ en 15′ sur les latitudes, comptées depuis l'Equateur.

La différence des longitudes entre Greenwich et Paris étant de 2°20′15″, il suffira de déplacer de 9′45″, vers l'Est, le faisceau des méridiens-coupures de la Carte de l'Intérieur pour le faire concorder avec celui des méridiens à cotes rondes de la nouvelle carte.

Les feuilles de la carte aéronautique mesureront en hauteur 56^{cm}, et, pour la France, auront une largeur comprise entre 34^{cm}, pour la latitude de Dunkerque, et 41^{cm} pour celle de Perpignan. L'étendue correspondante embrassée sera uniformément de 111^{km} dans le sens de la hauteur et de 68^{km} à 82^{km} dans le sens de la largeur.

Pour en permettre le maniement facile à bord, malgré le vent, chaque feuille sera coupée en deux, dans le sens de la largeur, et les deux moitiés, mesurant chacune 28^{cm} sur 38^{cm} en moyenne, seront collées sur les deux faces d'un même carton rigide portant, bien en vue, le numéro de cette feuille.

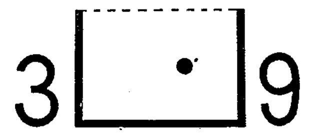


Fig. 2. — *Repère aéronautique*, tracé sur le toit d'un édifice de la ville de Pau et occupant, sur le terrain, dans la moitié inférieure de la feuille n° 39 de la Carte aéronautique, la position relative figurée par le gros point noir, à la fois dans le cadre ci-dessus de cette demi-feuille et dans le Tableau d'assemblage (*fig.* 1). Les coordonnées de l'angle Sud-Ouest de la feuille 39 sont : 133° de distance polaire et 179° de longitude Est Anti-Greenwich (soit 43° de latitude Nord et 1° de longitude Ouest de Greenwich).

Sur la demande de la Commission et à titre d'essai, l'Aéro-Club de France a résolu de faire établir, pour la région des prochaines grandes manœuvres, trois feuilles spécimens d'une carte provisoire, construite d'après ces principes. Elles seront soumises à l'appréciation des aviateurs et le type définitif bénéficiera des critiques ainsi recueillies.

III. *Repères aéronautiques.* — Les repères aéronautiques, ai-je dit, doivent

indiquer à l'aviateur la longitude et la latitude approchées du lieu au-dessus duquel il plane.

Le type adopté par la Commission, à la suite d'une idée émise par le lieutenant-colonel Estienne, consiste en un demi-rectangle (*fig.* 2) reproduisant, à une échelle quelconque mais suffisamment grande, l'image amplifiée du cadre de la demi-feuille de la carte aéronautique où figure l'emplacement du repère. Les côtés du cadre proprement dit sont en gros traits, tandis que le côté de la coupure présente un trait fin tireté, permettant de distinguer la demi-feuille inférieure de la demi-feuille supérieure.

Dans ce cadre, un gros point noir marque la position relative du site relativement aux bords de la feuille.

Le demi-rectangle est orienté sur le sol; ses petits côtés, parallèles au méridien, donnent la direction Nord-Sud. Contre le bord Ouest, la tête tournée vers le Nord, est un gros chiffre : celui des unités de degrés de la latitude du repère; à droite, orienté de même, est le chiffre correspondant pour la longitude.

L'ensemble des deux chiffres, formant un nombre facile à retenir, constitue le numéro (39 dans l'espèce) de la feuille correspondante de la carte aéronautique. Il est reproduit sur le tableau d'assemblage (*fig.* 1). Par suite de la suppression des centaines et des dizaines de degrés, deux repères, distants de 10° ou d'un multiple de 10°, en longitude et en latitude, portent le même numéro ; mais l'inconvénient est faible. Pour qu'un aviateur, en effet, puisse commettre, en longitude ou en latitude, une erreur de 10°, il lui faudrait confondre deux contrées distantes, pour nos régions, de 700^{km} à 800^{km} dans le sens Est-Ouest, ou de 1100^{km} dans le sens Nord-Sud. Dans toute l'étendue de la France continentale, seuls les repères de la pointe extrême de Bretagne et ceux de la région des Vosges portent les mêmes numéros. De même, si l'on envisage les repères des environs de Pau, par exemple, et qu'on veuille retrouver, sur terre et au plus près, le même numéro, 39, il faudrait se transporter soit en Algérie ou en Angleterre, ou encore dans les environs de Belgrade ou de Hambourg, l'Espagne et l'Italie ne contenant d'ailleurs pas ce numéro. Une confusion entre des régions si différentes semble pratiquement impossible.

Pour avoir les coordonnées complètes du repère, on rétablira, par la pensée, les chiffres, absents mais connus, des dizaines et, le cas échéant, des centaines de degrés de la longitude et de la distance polaire.

Le complément, estimé à quelques minutes près, s'obtiendra en comparant à l'œil, avec les dimensions des côtés du cadre-repère, les distances

respectives du point à ces côtés et en se rappelant que 10′ correspondent au sixième de la largeur du demi-rectangle, ou au tiers de sa hauteur.

La position du repère pourrait ainsi, finalement, être évaluée avec l'approximation d'une dizaine de kilomètres dans les deux sens.

Si, comme on peut l'espérer, l'exemple donné par la France pour la création d'une carte et de repères aéronautiques, est suivi à l'étranger, une entente internationale deviendra nécessaire pour fixer définitivement les signes conventionnels de la carte et en général tous les détails d'application du système.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oximes et phénylalcoylisoxazolones obtenues avec les éthers éthyl, méthyl et diméthylbenzoylacétiques.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer.**

Au cours de nos recherches sur l'action de l'éther chlorocarbonique sur les alcoyl phénylcétones (1) nous avons trouvé un nouveau mode de formation des éthers benzoyl et benzoylalcoylacétiques, ce qui nous a amenés à étudier quelques dérivés de ces éthers afin de les caractériser.

On sait que l'éther benzoylacétique traité par du chlorhydrate d'hydroxylamine fournit de la *phénylisoxazolone*, fondant de 152° à 155° suivant les auteurs, avec élimination d'une molécule d'alcool.

Si au chlorhydrate d'hydroxylamine on substitue le chlorozincate (sel de Crismer), on obtient la même phénylisoxazolone, mais avec de mauvais rendements, car il semble se former en même temps un sel de zinc de l'oxime, que nous n'avons d'ailleurs pas étudié.

La réaction peut se traduire de la façon suivante :

$$C^6H^5C(=NOH)-CH^2-COOC^2H^5 \rightarrow C^6H^5-C(=N-O-)-CH^2-CO \quad \text{ou} \quad C^6H^5-C=CH,\ NH\!-\!O\!-\!CO$$

Suivant un travail de MM. A. Hantzsch et A. Miolati (2), les éthers monoalcoylbenzoylacétiques, notamment l'éther éthylbenzoylacétique, sembleraient se comporter autrement vis-à-vis du chlorhydrate d'hydroxy-

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 551.
(2) A. Hantzsch et A. Miolati, *Ber. deut. chem. Ges.*, t. XXVI, 1893, p. 1691.

lamine. Ces auteurs admettent qu'il se forme l'oxime de l'acide benzoylacétique et non l'isoxazolone :

$$C^6H^5.\underset{\underset{NOH}{\parallel}}{C} - \overset{\overset{C^2H^5}{|}}{CH} - COOH.$$

Pour justifier cette formule, MM. Hantzsch et Miolati ne donnent qu'un dosage d'azote et montrent que le produit se dissout dans les alcalis et les carbonates alcalins. Ils ajoutent ne pas avoir réussi à enlever une molécule d'eau à cette oxime pour la transformer en son anhydride la *phényléthylisoxazolone*.

Phényléthylisoxazolone. — Ayant à caractériser de l'éther benzoyléthylacétique provenant de la saponification partielle du *β-carboéthoxy-α-éthylcinnamate* d'éthyle ([1]), nous avons préparé son oxime en nous plaçant dans les mêmes conditions expérimentales que MM. Hantzsch et Miolati et avons en effet obtenu des cristaux fondant à 91° et jouissant exactement des mêmes propriétés que celles attribuées par ces savants à leur produit.

Ce n'est qu'en faisant l'analyse complète de ce composé que nous nous sommes aperçu que les chiffres obtenus ne répondaient pas à la composition $C^{11}H^{13}O^3N$ assignée à l'oxime, mais bien à celle de son anhydride, la phényléthylisoxazolone $C^{11}H^{11}O^2N$.

Les résultats analytiques ont en effet été les suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{11}H^{11}NO^2$.	Calculé pour $C^{11}H^{13}NO^3$.
C pour 100	69,91	69,8	63,77
H »	6,08	5,8	6,28
N »	7,3	7,4	6,76

En présence de ces résultats contradictoires nous avons préparé le benzoyléthylacétate d'éthyle par éthylation directe du benzoylacétate d'éthyle sodé au moyen de l'iodure d'éthyle. Cet éther, qui distille à 152°-153° sous 11^{mm}-12^{mm}, avait déjà été préparé par MM. Baeyer et Perkin ([2]). Soumis à l'action de l'hydroxylamine et de la potasse, dans

([1]) V. Baeyer et W.-H. Perkin, *J. deut. chem. Ges.*, t. XVI, p. 2130.

([2]) Dans notre dernière Note (*Comptes rendus*, t. 152, p. 551), nous avons, par erreur, annoncé que l'éther diméthylbenzoylacétique n'avait pas encore été préparé. Ce corps a été décrit par MM. Blaise et Courtot qui l'ont obtenu en faisant agir du zinc sur un mélange de benzonitrile et d'éther bromoisobutyrique (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 599).

les conditions indiquées par MM. Hantzsch et Miolati, il a fourni la même phényléthylisoxazolone fondant à 91° que celle obtenue avec l'éther benzoyléthylacétique provenant du dédoublement de notre éther β-carboéthoxy-α-éthylcinnamate d'éthyle.

Ce composé a donc bien la formule d'une isoxazolone bisubstituée (I) et non celle d'une oxime de l'acide benzoyléthylacétique (II) :

(I) $C^6H^5.C(=N-O-CO-)-CH(C^2H^5)$ ou $C^6H^5-C(-NH-O-CO-)=C(C^2H^5)$

(II) $C^6H^5.C(=NOH)-CH(C^2H^5)-CO^2H$

Cette propriété est générale aux homologues de l'éther benzoylacétique.

Phénylméthylisoxazolone. — En effet, lorsqu'on traite l'éther benzoylméthylacétique que nous avons obtenu par saponification partielle du β-carboéthoxy-α-méthylcinnamate d'éthyle par du chlorhydrate d'hydroxylamine en solution alcaline, on obtient un produit qui, purifié par plusieurs cristallisations au sein de l'éther, se présente sous la forme d'aiguilles fondant à 123°-124° et solubles à froid dans la soude et le carbonate de soude.

L'analyse élémentaire de ce produit conduit encore à une phénylméthylisoxazolone $C^{10}H^9O^2N$.

Phényldiméthylisoxazolone. — Lorsqu'on chauffe l'éther diméthylbenzoylacétique, préparé par méthylation du benzoylacétate d'éthyle, avec du chlorhydrate d'hydroxylamine et une solution alcoolique de potasse, on obtient, après évaporation et sursaturation par un acide, un produit qui, cristallisé au sein de l'éther, se présente sous la forme de cristaux fondant à 70°-71°.

Ce composé répond à la formule $C^{11}H^{11}O^2N$ qui est celle d'une *phényldiméthylisoxazolone* isomère avec la phényléthylisoxazolone

$C^6H^5-C(=N-O-)-C(CH^3)^2-CO$ $\qquad$ $C^6H^5-C(=N-O-)-CH(C^2H^5)-CO$

Insoluble à froid dans une solution de carbonate de soude, il s'y dissout

partiellement à chaud et est soluble dans les mêmes conditions dans la soude caustique.

Oximes des éthers benzoyléthyl- et benzoyldiméthylacétiques. — Si, au lieu de traiter les éthers benzoylacétiques mono- ou disubstitués par du chlorhydrate d'hydroxylamine et de la potasse, on chauffe leurs solutions alcooliques avec du chlorozincate d'hydroxylamine, on obtient les oximes de ces éthers.

Pour isoler ces oximes, on filtre la solution alcoolique et on la verse dans l'eau. Le précipité est recueilli et mis à cristalliser dans de l'éther.

Les rendements obtenus avec l'éther benzoyléthylacétique, quelque fût sa provenance, ne sont pas très bons, une partie de la matière restant combinée avec le zinc.

Avec l'éther diméthylbenzoylacétique ils furent meilleurs.

L'oxime de l'éther benzoyléthylacétique $C^6H^5 - \underset{\underset{\displaystyle NOH}{\|}}{C} - \overset{\overset{\displaystyle C^2H^5}{|}}{C} - CO^2C^2H^5$ cristallise au sein d'un mélange d'éther et d'éther de pétrole en petits prismes fondant à 80°-81°.

Saponifié par de la potasse, ce composé fournit quantitativement l'éthylphénylisoxazolone fondant à 90°.

L'oxime de l'éther benzoyldiméthylacétique $C^6H^5 - \underset{\underset{\displaystyle NOH}{\|}}{C} - \overset{CH^3\ CH^3}{\overset{\diagdown\diagup}{C}} - CO^2C^2H^5$ cristallisée dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole se présente sous la forme de fines aiguilles dont le point de fusion est situé à 135°-136°. Nous l'avons déjà mentionné dans notre dernière Note.

Chauffée avec une solution alcoolique de potasse, cette oxime se dissout et, si, après évaporation, on sursature avec un acide, on obtient un précipité qui, mis à cristalliser dans l'éther, fournit des cristaux de *phénylméthylisoxazolone* fondant à 70°-71° et identiques à ceux déjà mentionnés.

En résumé, ce travail renferme les résultats suivants :

1° L'oxime de l'acide benzoyléthylacétique signalée par MM. Hantzch et Miolati n'existe pas et n'est autre chose que de la *phényléthylisoxazolone*.

2° Les éthers monométhyl-, monoéthyl- et diméthylbenzoylacétiques, quelle que soit leur provenance, donnent naissance à des phénylisoxazolones substituées, quand on les traite avec du chlorhydrate d'hydroxylamine et de la potasse alcoolique.

3° Ces mêmes éthers substitués, soumis en solution alcoolique à l'action du sel de Crismer, fournissent des oximes que la potasse saponifie suivant l'équation

$$C^6H^5-\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}-\overset{R\ \ R}{\diagdown\diagup}\!\!\!\!\!C-COOC^2H^5+KHO = C^6H^5\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}-\overset{R\ \ R}{\diagdown\diagup}\!\!\!\!\!C-COOK+C^2H^5OH$$

Le sel alcalin obtenu, traité par un acide, donne naissance à un acide oxime qui, aussitôt formé, perd une molécule d'eau et se transforme en phénylalcoylisoxazolone.

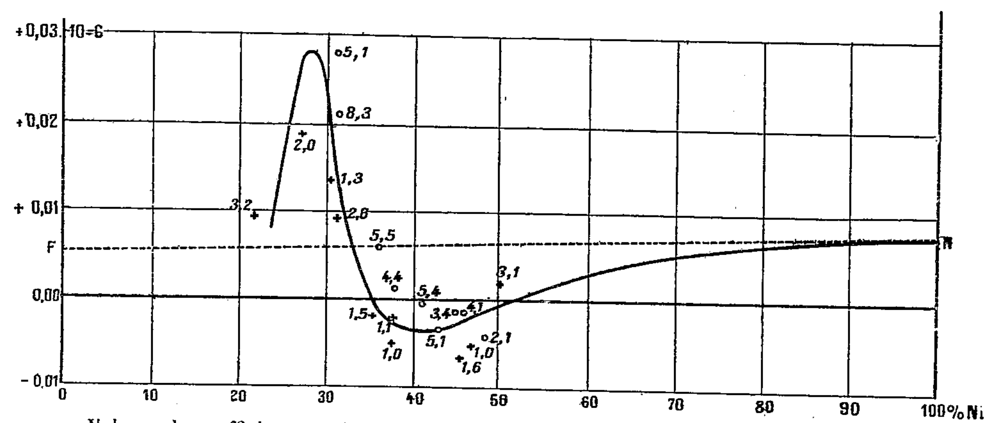
PHYSIQUE. — *Coefficient du terme quadratique dans la formule de dilatation des aciers au nickel.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume.**

Mes premières recherches sur les aciers au nickel avaient mis en évidence non seulement l'allure singulière des dilatabilités moyennes de ces alliages, mais encore l'existence de coefficients quadratiques (coefficients de courbure) variant entre une valeur négative, signalée pour la première fois, et une valeur positive très supérieure à celle qu'on rencontre dans les autres métaux ou alliages.

Or la petitesse absolue du terme quadratique, jointe au fait que les mesures précises ne peuvent être effectuées que dans un intervalle restreint de températures, rend très difficile l'évaluation de ce terme avec une précision relative élevée. On s'en rend compte en remarquant que, entre 0° et 40°, limites ordinaires des bonnes mesures de dilatation, une erreur de 1^{μ} sur le point relatif à 20° peut faire passer de sa valeur positive normale à une valeur négative à peu près égale le terme quadratique de la dilatation du platine. Il n'était donc possible d'établir avec un haut degré de sécurité la courbe du coefficient β en fonction de la teneur en nickel que par des expériences nombreuses et précises; j'ai utilisé dans ce but seulement mes meilleures séries de mesures, relatives à 84 alliages.

Le diagramme ci-contre reproduit les valeurs du coefficient β au voisinage de 20°. Partant, pour les aciers réversibles des plus faibles teneurs, d'une valeur peu éloignée de la normale (droite FN), il monte rapidement, passe, entre 28 et 29 pour 100 Ni, par un maximum très élevé et assez brusque, puis s'abaisse, traverse une région de valeurs négatives, et se relève enfin pour se raccorder à la valeur relative au nickel.

Les coefficients fortement positifs et les coefficients négatifs correspondent respectivement au début et à la fin de la transformation, par abaissement de la température, du fer-gamma en fer-alpha; ce sont les régions de passage des faibles dilatabilités (type invar) aux domaines où, en dehors de toute transformation moléculaire, les dilatabilités sont réglées par la règle des mélanges constitués par les formes allotropiques extrêmes du fer et du nickel.



Valeurs du coefficient quadratique dans la formule de dilatation des aciers au nickel.
Courbe : alliages normaux; o, alliages à forte teneur en manganèse; +, alliages chromés.

Je rappellerai que l'existence de coefficients quadratiques négatifs a permis la construction d'un balancier compensateur intégral qui, tout en possédant une remarquable stabilité, annule simultanément les termes des deux ordres des perturbations thermiques dans les mécanismes d'horlogerie portative, montres et chronomètres. Ce balancier est employé à la compensation des variations du spiral de la grande majorité des chronomètres présentés aux concours des observatoires dans l'Europe continentale. Ils sont plus rares à Kew; mais les chronomètres classés en tête des concours, et qui sont présentés par des chronométriers continentaux, sont toujours munis de ce balancier.

Rôle du manganèse. — Les cercles du diagramme marquent les résultats fournis par des alliages possédant une teneur élevée en manganèse, inscrite à côté de chacun d'eux.

En tenant compte des inévitables incertitudes de ces résultats isolés, on voit que, dans ce mode de représentation, où seule la teneur en nickel commande l'abscisse, l'effet du manganèse devient négligeable à une teneur voisine de 45 pour 100 Ni. Mais la position des points relatifs à 31 pour

100 Ni révèle en outre un fait singulier : tandis qu'une faible addition de manganèse relève le coefficient, une teneur plus forte le ramène vers sa valeur normale.

Ce fait peut être rapproché de deux autres, que j'ai constatés : 1° Pour cette même teneur en nickel, le coefficient moyen est d'autant plus élevé que la teneur en manganèse est plus forte (¹); 2° les premières traces de magnétisme qui, dans les alliages à 31 pour 100 Ni sans Mn, apparaissent au refroidissement vers 130°, ne deviennent évidentes, pour l'alliage à 5,1 pour 100 Mn, que vers 60°, et pour celui à 8,3 pour 100, que vers — 10°. Le manganèse abaisse donc le début de la transformation, et, pour la teneur en nickel des alliages considérés, amène la région de rapide transformation, à laquelle correspond une forte valeur du coefficient β, d'abord aux températures ordinaires, puis à des températures plus basses.

Au point de vue de leur état, c'est-à-dire de la proportion du fer-alpha et du fer-gamma qu'ils renferment, les alliages à forte teneur en manganèse se trouvent dans des conditions analogues à celles des alliages non manganésés, à plus faible teneur en nickel. Ceux dont il est question ici sont assez semblables, pour l'ensemble de leurs propriétés, aux alliages de même ordonnée, sur la branche ascendante de la courbe du coefficient β. Le manganèse diminue donc, en apparence, la teneur en nickel; en d'autres termes, son action s'ajoute à celle du fer.

Mais ce n'est là qu'une indication sommaire; en conservant, pour les alliages ternaires, la teneur en nickel comme abscisse, on introduit, dans l'appréciation des propriétés des alliages, un élément arbitraire, qui serait autre, et conduirait à des énoncés différents, si l'on prenait pour abscisse la teneur en fer. Le diagramme triangulaire permettrait seul des énoncés indiscutables.

Rôle du chrome. — Les croix du diagramme, marquant l'action du chrome, montrent tout d'abord que ce métal abaisse la valeur de β dans la région du maximum; et, si l'on se souvient que, dans cette région, ce coefficient est d'autant plus fort que la transformation est plus rapide, on en conclura que le chrome est un retardateur des transformations. La position de trois des croix dans la région du minimum de β pourrait faire croire qu'il accélère la fin du passage au fer-alpha; mais il ne faut pas oublier la grande difficulté de la détermination de β et la marge d'erreur qu'on doit admettre pour

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 23 janvier 1911, p. 189.

des points isolés; il est donc plus prudent d'enregistrer pour le moment ces résultats seulement au point de vue documentaire, et de s'abstenir de toute conclusion d'un caractère physique.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Influence de l'anémie des organes sur l'installation des lésions tuberculeuses.* Note de MM. **S. Arloing**, **Fern. Arloing** et **J. Chattot**, présentée par M. A. Chauveau.

Dans l'émasculation aseptique connue sous le nom de *bistournage*, fréquemment employé sur les béliers, le testicule privé de circulation est refoulé dans une cavité artificielle au sein des mailles du tissu conjonctif. A cette place, l'organe s'atrophie rapidement. En un mois, il a perdu la moitié de son volume. Au bout d'une année, il forme sous la peau une masse dure de la grosseur d'un marron d'Inde, greffée sur les vaisseaux avoisinants.

Durant la première période, difficile à limiter, les tubes séminifères subissent la dégénérescence nécrobiotique. Il sont comblés par les anciennes cellules souvent accolées en nombre plus ou moins grand, de manière à former des masses homogènes ou finement grenues, uniformément colorés en rose plus ou moins pâle par l'éosine hématoxylique.

Lorsque l'organe s'est greffé dans le tissu conjonctif ambiant, les vaisseaux pénètrent peu à peu à travers l'albuginée et s'avancent insensiblement vers le centre du moignon. Il en résulte un remaniement très intéressant que nous signalerons ici. De jeunes cellules et de fines fibrilles connectives s'engagent avec les vaisseaux dans la substance intertubulaire, puis s'introduisent dans les tubes eux-mêmes. Au devant des vaisseaux, les masses homogènes dont il est question plus haut se résolvent en granulations qui disparaissent peu à peu pendant que s'installent à leur place cellules et fibrilles. Si bien que la portion vascularisée secondairement revêt l'aspect d'un tissu conjonctif réticulé, dont les mailles renferment des cellules nucléées, de volume inégal, sphérique ou ovoïdes, dont le protoplasma se teinte de rose. On reconnaît encore dans ce tissu, à un faible grossissement, la place occupée par les tubes séminifères et par les espaces intertubulaires.

D'après ces préliminaires, on voit qu'il sera facile d'étudier comparativement les suites des inoculations tuberculeuses dans des organes jouissant de leur circulation sanguine et dans des organes rendus exsangues et en nécrobiose depuis un temps plus ou moins long. La comparaison pourra même se faire dans un même organe, si l'on opère sur un testicule anémié depuis longtemps et greffé sur les vaisseaux du tissu conjonctif. C'est ce

que nous avons fait en variant les conditions et en utilisant des bacilles tuberculeux plus ou moins actifs.

Les bacilles que nous avons employés dans nos expériences étaient : un bacille humain entretenu en culture homogène dans la profondeur du bouillon glycériné, et un bacille d'origine bovine ayant passé sur le singe et cultivé ensuite sur une pomme de terre glycérinée, bacille doué d'une grande virulence.

Ces deux bacilles ont été injectés : 1° dans la profondeur de testicules normaux; 2° dans la profondeur de testicules anémiés depuis une heure, depuis un mois, depuis un an environ. Quels ont été les résultats ?

Dans le testicule normal, les deux bacilles déterminent le gonflement de l'organe sans déformation et sans augmentation notable de la sensibilité à la pression. Si, deux mois après l'injection, on pratique l'autopsie du testicule, on constate la présence d'une masse tuberculeuse principale au point où ont été déposés les bacilles, dont le centre est en pleine dégénérescence caséeuse, et de plus, çà et là, entre les tubes, des foyers d'édification tuberculeuse dont plusieurs n'ont pas encore eu le temps de déformer les tubes seminifères, *a fortiori*, de les englober. Par leur nombre, ces foyers de fructification, peu considérables pris individuellement, causent l'hypertrophie générale du testicule. Des préparations permettent de voir les bacilles au sein des lésions.

Dans le testicule anémié depuis un quart d'heure et refoulé dans le tissu conjonctif de l'aine, les suites de l'inoculation peuvent se diviser en deux phases. Tout d'abord, l'œdème développé dans le tissu conjonctif et dans la couche profonde de la peau en face du testicule disparaît en quelques jours, mais parallèlement le testicule augmente de volume, notamment sous l'influence des bacilles en culture homogène. Passé 3 semaines, l'organe inoculé avec des bacilles en culture solide s'atrophie peu à peu; l'autre, inoculé avec des bacilles en culture homogène, continue de grossir, pour effectuer un mouvement de régression un peu plus tard. On perçoit alors très nettement, à la surface du testicule, dans le tissu conjonctif, au point même de l'inoculation, un nodule simple ou compliqué résultant à n'en pas douter d'un dépôt de quelques bacilles dans le tissu ambiant au moment où l'aiguille piquante a été retirée de l'albuginée.

Si l'on pratique l'autopsie deux mois et demi après l'injection, on observe sur des coupes microscopiques, dans l'un et l'autre cas, que le tissu conjonctif ambiant se confond avec l'albuginée, que des vaisseaux et du tissu conjonctif réticulé commencent à envahir la substance intertubulaire dans la couche immédiatement sous-jacente à l'albuginée, enfin que les lésions

tuberculeuses développées dans le tissu conjonctif se sont propagées çà et là entre les faisceaux de l'albuginée jusqu'à la couche tout à fait superficielle du testicule où les vaisseaux parviennent secondairement. Mais dans la profondeur du testicule même, où cependant le virus a été inséré, on ne voit pas trace de réaction tuberculeuse. Le contenu des tubes séminifères y est en pleine dégénérescence.

Pour constater ces phénomènes dans toute leur netteté, il faut avoir soin d'inoculer des bacilles tuberculeux exempts de tout mélange, sinon on assiste à des processus gangréneux qui entraînent la formation de gaz ou de sanie dans l'intérieur du testicule et même une nécrose ulcérative du tégument au point où a pénétré l'aiguille de la seringue.

Dans le testicule anémié depuis un mois ou deux mois, l'inoculation produit les mêmes effets que ci-dessus. Les bacilles ne déterminent pas de lésions dans la partie nécrobiosée et invascularisée de l'organe.

La preuve des faits résumés dans la description qui précède est fournie par *l'examen des ganglions lymphatiques du pli de l'aine et de la région sous-lombaire* des béliers soumis aux injections. Lorsque l'inoculation est faite avec beaucoup de précautions dans le testicule vivant dont les relations avec le système lymphatique sont conservées, les ganglions de l'aine sont intacts, tandis que les ganglions sous-lombaires renferment de fines granulations tuberculeuses à peu près contemporaines des lésions intra-testiculaires. Inversement, lorsque l'inoculation est poussée dans le testicule anémié et qu'elle se partage immanquablement entre le centre de l'organe privé de circulation et la zone périphérique vascularisée, les ganglions de l'aine sont tuberculisés et les ganglions sous-lombaires sont intacts.

Conclusions. — Nos expériences, conduites dans le but spécial indiqué au titre de cette Note, démontrent donc incontestablement :

1° Que des bacilles tuberculeux peu ou très virulents ne produisent pas de lésions dans un organe privé de circulation par un moyen aseptique, que la nécrobiose date de quelques minutes ou de quelques mois ;

2° Que ces bacilles peuvent en déterminer dans un organe dégénéré par suppression de la circulation, lorsque la circulation s'y rétablit secondairement, et dans la zone seulement où le tissu conjonctif accompagnant les vaisseaux se substitue au tissu primitif.

Lord **Avebury** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Marriage, totemism and religion, an answer to critics*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Fliche*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 39,

MM. Godlewski	obtient	37 suffrages
E. Perroncito	»	1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Godlewski**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le premier trimestre de* 1911. Note de M. **J. Guillaume**.

Il y a eu 59 jours d'observation dans ce trimestre et il en résulte les faits suivants :

Taches. — Le nombre des groupes de taches a diminué de $\frac{1}{4}$ environ, et leur surface totale de $\frac{2}{3}$: on a, en effet, 14 groupes au lieu de 18, avec 353 millionièmes au lieu de 1167.

L'activité des phénomènes observés reste moindre dans l'hémisphère boréal que dans l'autre hémisphère : on a, effectivement, 3 groupes au Nord contre 11 au Sud (précédemment on avait enregistré 5 groupes au Nord et 13 au Sud). D'ailleurs, pendant 81 jours consécutifs, du 20 novembre dernier au 8 février, on n'a noté aucune tache au nord de l'équateur solaire.

A ce sujet, le Soleil s'est montré dépourvu de taches dans les 22 jours suivants : 16, 25, 27 janvier, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 21, 23, 24 février, et enfin, en mars, du 14 au 23 inclusivement. On en déduit un nombre proportionnel trimestriel *sans taches* de 0,37 au lieu de 0,29 enregistré précédemment.

D'autre part, au cours des observations, on a eu l'occasion de noter des transformations rapides qui, malgré le peu d'étendue du lieu qu'elles occupaient, sont très intéressantes, en raison de la période de calme dans laquelle la photosphère se trouve actuellement : le 30 janvier, à $14^h 3^m$ de temps moyen de Paris, le Soleil montrait, à

la surface de son disque, 3 régions d'activité, et dans l'une d'elles, noyés dans une masse faculaire, une petite tache (A) située à 18°,5 de latitude australe et 44°,0 Est du méridien central, puis un très petit point noir (B) à — 18°,0 de latitude et 43°,0 Est du méridien central également. A $14^h 13^m$, (B) était devenu presque aussi visible que (A) restée sans changement, et la masse faculaire (F) qui les enserrait s'était modifiée dans sa forme. A $14^h 14^m$, une suite de très petits pores se montrait au sud de (B) qui devenait moins apparente, (A) était sans changement appréciable, tandis que (F) continuait à se transformer. A $14^h 15^m$, (F) s'était réduite, (B) et les pores qui l'accompagnaient avaient disparu, et (A), devenue plus noire, se discernait mieux qu'avant. A $14^h 17^m$, (A) est plus petite, elle devient grise; (F) change toujours de forme. A $14^h 20^m$, (A), moins grise, se voit mieux, (B) est toujours invisible et (F) se transforme continuellement. A $14^h 52^m$, à la reprise de l'observation, (A) se voit difficilement, (B) est invisible et (F) continue ses transformations. A $14^h 55^m$, (A) s'agrandit, elle paraît plus noire; (B), grise, se discerne difficilement. A $14^h 58^m$, (A) est toujours très visible et (B) s'est agrandie. A $15^h 3^m$, les deux taches sont moins apparentes, (F) continue ses changements de forme. Un peu plus tard, l'état brumeux du ciel ne laissait plus voir que difficilement (A) et (B) et effaçait (F). Le 31, à $11^h 15^m$, au commencement de l'observation, l'une des taches (B) se voyait encore, grise, sans noyau et, après quelques intermittences, elle disparaissait complètement. A $15^h 0^m$, il y avait toujours une plage brillante de facules, mais aucune tache ni pores n'étaient visibles.

Régions d'activité. — Malgré un nombre plus grand de groupes de facules, la surface totale enregistrée est moindre que précédemment : on a, en effet, 73 groupes et 37,5 millièmes au lieu de 45 groupes et 47,6 millièmes. Cette augmentation se rapporte presque toute à l'hémisphère austral et elle s'est manifestée surtout dans les hautes latitudes.

Enfin, dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on constate qu'il y a eu environ cinq fois plus de groupes de facules au Sud (60) qu'au Nord (13).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1911. — 0,25.			
6-14	5	9,7	— 4		54
17	1	20,0	—16		8
	12 j.		—10°,0	»	
		Février. — 0,43.			
30-31	2	3,0	—18		5
7-10	3	5,8		+ 0	6
10-11	2	7,5	—12		11
9-20	8	16,1	—11		65
20	1	19,7		+ 2	2
5	1	28,3	—14		7
	21 j.		—13°,7	+ 1°,0	
		Mars. — 0,38.			
26- 7	8	4,6	— 2		135
7	1	4,8		+ 8	5
5-11	6	5,5	—15		25
7	1	10,8	—11		4
8-13	6	14,6	— 8		20
24	1	28,1	— 9		6
	26 j.		— 9°,0	+ 8°	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1911.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier........	»	»	»	1	1	2	»	»	»	»	»	»	2	62
Février	»	»	»	4	»	4	2	2	»	»	»	»	6	96
Mars..........	»	»	»	2	3	5	1	1	»	»	»	»	6	195
Totaux....	»	»	»	7	4	11	3	3	»	»	»	»	14	353

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1911.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier........	1	»	4	4	5	14	5	2	2	1	»	»	19	9,3
Février........	7	4	3	5	6	25	7	5	2	»	»	»	32	15,3
Mars..........	7	1	»	7	6	21	1	1	»	»	»	»	22	12,9
Totaux....	15	5	7	16	17	60	13	8	4	1	»	»	73	37,5

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Détermination des lignes asymptotiques des surfaces générales du troisième degré.* Note de M. **JULES DRACH.**

1. Je me suis proposé de déterminer le groupe de rationalité de l'équation différentielle qui définit les lignes asymptotiques sur une surface du troisième degré ; le résultat obtenu est d'une simplicité inattendue : ce groupe de rationalité est dans le cas général

$$f' = \varepsilon f + a \qquad (\varepsilon^3 = 1)$$

pour le domaine de rationalité $[\omega]$, $\omega^2 = s^2 - rt$; autrement dit, *il existe dans ce domaine un multiplicateur dont le cube est une fonction rationnelle.*

Mon point de départ a été *l'hypothèse* que, sur la surface générale, les seules lignes asymptotiques algébriques étaient les 27 droites. Cayley a remarqué que pour une surface quelconque le résultant R des polynomes en m :

$$\sigma_2 = r + 2sm + tm^2, \qquad \sigma_3 = \alpha + 3\beta m + 3\gamma m^2 + \delta m^3$$

(identiquement nul pour les surfaces réglées), égalé à zéro, donne la courbe lieu des contacts des droites qui touchent la surface en quatre points confondus. Il donne donc les 27 droites d'une surface du troisième degré.

En étudiant l'exemple simple de la surface

$$z = xy + \frac{x^3 + y^3}{6}$$

et posant

$$\frac{dy}{dx} = -\left(\frac{s+\omega}{t}\right) = m,$$

j'ai d'abord reconnu que si l'on désigne par

$$P = y^3 - 4 + 3xy, \qquad Q = xy - 4,$$

les polynomes P, Q qui satisfont à l'identité

$$P^2 - \omega^2 Q^2 = y^3 R,$$

où

$$R = x^3 + y^3 + 6xy - 8,$$

le quotient $\frac{P - \omega Q}{R}$ *est le cube d'un multiplicateur*. En d'autres termes, les lignes asymptotiques sont définies par la quadrature de différentielle totale

$$df = \frac{y\,dy + (1 + \sqrt{1 - xy})\,dx}{(P + \omega Q)^{\frac{1}{3}}}.$$

2. Le résultat, où les 27 droites sont en évidence, m'a conduit à reconnaître que l'expression

$$(P + \omega Q)^{-\frac{1}{3}}[t\,dy + (s + \omega)\,dx]$$

est une différentielle exacte, pourvu que z, regardé comme fonction de x et y, satisfasse à deux équations linéaires du quatrième ordre qui expriment que le polynome $\sigma_2 = r + 2sm + tm^2$ divise le polynome

$$\sigma_4 = \frac{d^4 z}{dx^4}, \qquad \left(\frac{dy}{dx} = m\right).$$

Ce cas comprend évidemment celui où z est un polynome quelconque du troisième degré en x, y.

J'ai été ainsi amené à une étude systématique des relations linéaires identiques entre les polynomes $\sigma_1 = p + qm$, σ_2, σ_3, ..., qui m'a conduit à un grand nombre de propositions particulières relatives à la détermination des asymptotiques, des lignes pour lesquelles $\sigma_3 = 0$, etc. sur une surface quelconque. Je donne ici les deux plus simples, me réservant de revenir longuement sur ce sujet : sur les surfaces pour lesquelles σ_2 et σ_4 ont un facteur commun, les asymptotiques correspondantes s'obtiennent par la

quadrature de $\sigma_3^{-\frac{1}{3}}(dy - m\,dx)$; sur les surfaces pour lesquelles σ_3 et σ_5 ont un facteur commun, les lignes $\sigma_3 = 0$ correspondantes s'obtiennent par la quadrature de $\sigma_4^{-\frac{1}{4}}(dy - m\,dx)$; etc.

Il y aura lieu d'étudier les rapports entre les classes de surfaces ainsi obtenues pour lesquelles le groupe de rationalité de l'équation des asymptotiques est le même, et celles dont les coordonnées s'obtiennent explicitement par les formules de M. Lelieuvre avec des fonctions arbitraires des arguments des asymptotiques.

3. Soit

$$\Omega(x, y, z) = 0$$

l'équation, mise sous forme entière, d'une surface du troisième degré : en différentiant totalement trois fois cette équation, on obtient un résultat qui, pour

$$\sigma_2 = r + 2sm + tm^2 = 0,$$

se réduit à

$$\frac{\partial\Omega}{\partial z}\sigma_4 + 4\sigma_3\,\mathrm{X}\left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right) = 0,$$

où l'on a posé

$$\mathrm{X}(f) = \frac{df}{dx} + m\frac{df}{dy} = \frac{\partial f}{\partial x} + m\frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial m}\mathrm{X}(m).$$

Il exprime simplement que *pour chaque ligne asymptotique* $\left(\frac{\partial\Omega}{z}\right)^4\sigma_3$ *est l'inverse du cube d'un multiplicateur*. En d'autres termes,

$$\left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right)^{-\frac{4}{3}}\sigma_3^{-\frac{1}{3}}(dy - m\,dx) = df$$

est une différentielle exacte. (Les surfaces réglées sont exclues.)

4. Ce résultat s'étend immédiatement à la détermination sur les surfaces *du quatrième degré* des lignes pour lesquelles $\sigma_3 = 0$ (tangentes en chaque point à la section de la surface par la paraboloïde du second degré osculateur); pour ces lignes

$$\left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right)^{-\frac{5}{4}}\sigma_4^{-\frac{1}{4}}(dy - m\,dx) = df$$

est une différentielle exacte.

De même sur une surface algébrique de degré n, $\Omega = 0$, les lignes pour lesquelles $\sigma_{n-1} = 0$ sont données par la quadrature

$$df = \left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right)^{-\frac{(n+1)}{n}}\sigma_n^{-\frac{1}{n}}(dy - m\,dx);$$

mais il y a de nombreux cas de réduction.

5. On a vu le rôle que jouent dans la détermination des asymptotiques *des divers ordres* ($\sigma_2 = 0$, $\sigma_3 = 0$, ...) les relations linéaires identiques entre les différentielles d^2z, d^3z, ... : ces relations, rencontrées par Halphen pour les degrés 3, 4, 5 à l'occasion de recherches sur le contact des surfaces, ont été signalées d'une manière générale par M. Darboux (*Bulletin des Sciences math.*, 1881); j'ai fait pour les surfaces de degré 4 ou 5 une étude systématique de leurs conséquences, dont je donnerai prochainement les résultats généraux.

Je ferai observer en terminant qu'il suffit de transformer convenablement les coordonnées de droites en coordonnées de sphères pour obtenir des résultats relatifs aux *lignes de courbure;* je me réserve d'y revenir en détail. On remarquera, par exemple, l'analogie entre l'équation des lignes de courbure de la surface des ondes et celle des asymptotiques des surfaces du troisième degré.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences linéaires de coniques dotées de deux lignes singulières, ou d'un point principal et d'une ligne singulière.* Note de M. **Lucien Godeaux**, présentée par M. G. Humbert.

I. Considérons les coniques s'appuyant en deux points sur une courbe C_1, d'ordre $\lambda_1 (\geqq 2)$ et en quatre points sur une courbe gauche C_2, d'ordre $\lambda_2 (\geqq 4)$; elles forment une congruence Σ. Proposons-nous de déterminer C_1 et C_2 de manière que Σ soit d'ordre 1. Désignons par n la classe de la surface enveloppée par les plans des coniques de Σ, par ν le nombre de coniques de Σ situées dans un de ces plans.

Le lieu des coniques de Σ dont les plans passent par un point P est une surface F, d'ordre $2n\nu + 1$. Deux surfaces analogues à F ont en commun, outre les courbes C_1, C_2, $n\nu$ coniques de Σ et certaines droites qui se présentent comme des coniques dégénérées de Σ. Ces droites peuvent être des quadrisécantes de C_2 bisécantes de C_1, elles sont alors simples pour F; ou des quadrisécantes de C_2, elles sont alors multiples d'indice $\binom{\lambda_1}{2}$ pour F; ou des trisécantes de C_2 s'appuyant sur C_1, elles sont multiples d'indice $\lambda_1 \lambda_2$ pour F; ou enfin des bisécantes communes aux courbes C_1, C_2; elles sont dans ce cas multiples d'indice $\binom{\lambda_2 - 2}{2}$ pour F. D'une manière générale, si l'on a respectivement p_1, p_2, p_3, p_4 droites de chacune de ces catégories, et si la surface F passe q_1 fois par C_1, q_2 fois par C_2, on a

$$(2n\nu + 1)^2 = 2n\nu + \lambda_1 q_1^2 + \lambda_2 q_2^2 + x,$$

étant posé

$$x = p_1 + p_2 \binom{\lambda_1}{2}^2 + p_3 \lambda_1^2 \lambda_2^2 + p_4 \binom{\lambda_2 - 2}{2}^2.$$

Une conique de Σ rencontre une surface F à laquelle elle n'appartient pas en des points de C_1, ou de C_2, donc

$$2n\nu + 1 = q_1 + 2q_2.$$

En éliminant $n\nu$ entre ces équations, on a

$$(\lambda_2 - 4)q_2^2 - 2(2q_1 - 1)q_2 + (\lambda_1 - 1)q_1^2 + q_1 + x - 1 = 0.$$

q_2 est réel, donc

$$(4\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_1\lambda_2)q_1^2 - \lambda_2(q_1 - 1) - (\lambda_2 - 4)x - 3 \geqq 0,$$

c'est-à-dire, puisque $\lambda_2 \geqq 4$, $q_1 \geqq 1$,

$$4\lambda_2 + \lambda_2 - \lambda_1\lambda_2 > 0.$$

Les valeurs extrêmes de λ_1, λ_2, p_1, p_2, p_3, p_4 sont ainsi déterminées et l'on trouve pour les congruences cherchées, les cas suivants :

1° C_1 est une courbe gauche hyperelliptique admettant une infinité simple de 2ν — sécantes et C_2 est une quartique gauche elliptique s'appuyant en $2(\lambda_1 - 1)$ points sur C_1.

2° C_1 est une courbe plane d'ordre $2t + 1$ ayant quatre points t-uples sur la quartique gauche elliptique C_2; C_1 est hyperelliptique de genre inférieur à t.

3° C_1 est une cubique gauche et C_2 une quartique gauche rationnelle s'appuyant en six points sur C_1.

4° C_1 est une conique et C_2 est une sextique de genre deux s'appuyant en six points sur C_1.

5° C_1 est une conique et C_2 est une quintique de genre deux s'appuyant en quatre points sur C_1.

6° C_1 est une cubique gauche et C_2 est une quintique à point triple s'appuyant en six points sur C_1.

Ces congruences avaient été rencontrées par MM. Montesano (*Rend. di Napoli*, 1895) et Pieri (*Atti di Torino*, 1893).

II. Considérons les coniques passant par un point fixe O (point principal) et s'appuyant en quatre points sur une courbe C d'ordre λ, et supposons que ces coniques doivent former une congruence linéaire Σ. Si ν est le nombre de coniques de Σ situées dans un plan passant par O, la surface F, lieu des coniques dont les plans passent par un point P, est d'ordre $2\nu + 1$ et a en O un point multiple d'ordre $\nu + 1$. Si p est le nombre des bisécantes de C

issue de O, et si t est la multiplicité de O pour C, on a

$$(2\nu+1)^2 = 2\nu + \lambda q^2 + x,$$
$$3\nu + 1 = 4q,$$
$$x = p\left(\frac{\lambda - t - 2}{2}\right)^2,$$

q étant la multiplicité de C pour F. On en déduit

$$q^2(64 - 9\lambda) = 8q - 7 + 9x,$$

d'où $4 \leqq \lambda \leqq 7$. Partant de la limite supérieure de p, on établit que la courbe C est : 1° une quartique gauche rationnelle, ou 2° une quintique elliptique passant par O, ou 3° une quintique gauche dotée d'un point triple, ou 4° une sextique de genre deux passant doublement par le point principal.

CINÉMATIQUE. — *La loi des courbures des profils superficiels conjugués.* Note de M. G. **Kœnigs**.

1. Une surface F étant donnée, solidaire d'un corps solide S mobile par rapport à un autre S′, cette surface possède dans S′ une surface enveloppe F′, qu'elle touche à chaque instant tout le long d'une courbe de contact (c). Les éléments de courbure de la surface F′ en un point M de la courbe (c) dépendent du mouvement et des éléments analogues de la surface F au même point. C'est cette loi de dépendance que j'ai réussi à mettre sous une forme simple qui se traduit encore par une homographie à éléments doubles coïncidents, ainsi qu'on le constate déjà dans les formules d'Euler et dans les généralisations que j'en ai données au Tome XXXV des *Savants étrangers*.

2. Sur la normale MN commune aux surfaces F et F′ se groupent les éléments de courbure savoir : plans principaux Π_1, Π_2 de la surface F et centres de courbure C_1, C_2 correspondants; éléments analogues Π'_1, Π'_2, C'_1, C'_2 pour la surface F′.

Mais un autre élément important existe encore sur la normale, c'est la corrélation homographique qui relie un point P de la normale MN et le plan Π, mené par MN, qui est tangent en P à la normalie engendrée par la normale quand son pied M décrit la courbe (c). Cette corrélation H est constructible dès que l'on connaît les éléments de courbure de F et le complexe linéaire $\mathfrak{L}$ lieu des droites normales aux trajectoires de leurs points.

3. A côté de cette corrélation H s'en place une autre G, qui s'en déduit

en faisant tourner de 90° autour de MN le plan Π homologue du point P dans H. Un premier résultat est le suivant :

Les centres de courbure C'_1, C'_2 *sont les homologues des plans principaux correspondants* Π'_1, Π'_2 *dans la corrélation homographique* G.

4. Il est à noter que cette corrélation G est susceptible d'une définition à priori. Il suffit de prendre une droite Oz quelconque du complexe linéaire $\mathcal{L}$, un point O sur Oz et un plan Ω mené par Oz qui seront le point central et le plan central de G; quant au paramètre k de distribution il est dès lors défini et égal à $k = \frac{\xi}{p}$, où ξ est la projection sur Ox de la vitesse d'entraînement du point O et p la projection de la vitesse angulaire de rotation, projection faite aussi sur Ox, Ox étant du reste la perpendiculaire élevée au point O à Oz dans le plan Ω.

Pour que la corrélation ainsi définie soit la corrélation G relative à une surface F, il faut et il suffit que Oz soit normale à F et que les éléments principaux (C_1, Π_1) (C_2, Π_2) de F sur la normale Oz soient deux couples d'éléments homologues de la corrélation G. Nous dirons d'une telle surface F qu'elle admet la corrélation G. D'après le théorème du n° 3, la surface conjuguée F' de F admet elle aussi la corrélation G.

5. Si l'on considère alors toutes les surfaces F qui admettent la corrélation G, ces surfaces se distingueront par le dièdre droit de leurs plans principaux Π_1, Π_2 et de même leur conjuguée F' se différenciera par le dièdre droit Π'_1, Π'_2 de ses plans principaux. Le problème se réduit donc à la question de la correspondance entre ces deux dièdres droits, car un dièdre obtenu, on a les centres de courbure en prenant les homologues des faces du dièdre dans la corrélation G.

6. Pour résoudre plus aisément cette question on remarque que les éléments de courbure ne changent pas si l'on substitue à F une surface parallèle, car il se substitue alors aussi à F' une surface parallèle. Prenons alors au lieu de F, F' les surfaces parallèles F_0, F'_0 qui font *actuellement* leur contact au point O, point central de la corrélation G. Ces surfaces présentent des particularités importantes :

1° D'abord la tangente à leur courbe de contact au point O est la droite Oy perpendiculaire en O au plan central zOx (ou Ω).

2° Les surfaces F_0, F'_0 ont au point O leurs courbures totales égales, négatives et égales à $-\frac{1}{k^2}$, où k est le paramètre de distribution de G.

3° La tangente commune Oy est une tangente asymptotique pour chacune des deux surfaces.

7. Ce dernier résultat met sur la voie qu'il faut suivre. Toute surface F_0 qui admet la corrélation G s'individualise au point de vue des propriétés de courbure par la direction de sa seconde tangente asymptotique OA dans le plan tangent. Or, si OA' est la tangente asymptotique correspondante à F'_0, il se trouve que :

Les secondes tangentes asymptotiques OA, OA' *des surfaces conjuguées* F_0, F'_0 *qui admettent les corrélations* G *et se touchent en* O, *point central, forment deux faisceaux homographiques. Les rayons doubles de ces faisceaux sont coïncidents*, propriété remarquable déjà rencontrée dans l'équation d'Euler et dans toutes les généralisations que j'en ai données aux *Savants étrangers* (t. XXXV).

Si OV est la vitesse d'entraînement de O, laquelle est dans le plan tangent xOy; si OU est la projection sur ce plan de la vitesse angulaire et OW la droite conjuguée harmonique de Oy par rapport à OV, OU, c'est la droite OW qui est le rayon double unique de l'homographie. Si l'on appelle alors α, α' les angles de OA, OA' avec OW, la relation d'homographie entre OA, OA' prend la forme suivante, d'un type bien connu dans les profils conjugués sphériques,

$$\frac{1}{\tan\alpha'} - \frac{1}{\tan\alpha} = -\frac{4p^2\xi^2 + (q\xi + p\eta)^2}{2p\xi\zeta'},$$

où p, q sont les projections de la rotation sur Ox, Oy; ξ, η, ζ les projections de la vitesse d'entraînement de O, faites sur les axes Ox, Oy, Oz; ζ est actuellement nul, mais non pas sa dérivée ζ' par rapport au temps, qui est le seul élément par où les éléments différentiels du second ordre du mouvement interviennent dans la question.

MÉCANIQUE. — *Le principe de relativité et les forces qui s'exercent entre corps en mouvement.* Note de M. **Lémeray**, présentée par M. H. Poincaré.

La transformation à laquelle a été conduit Lorentz pour donner aux équations du champ électromagnétique la même forme, quand le système considéré est en repos ou en mouvement, peut, en dehors de toute hypothèse sur le mécanisme des phénomènes et de toute théorie électrique, être établie comme exigée nécessairement si l'on admet le principe de relativité

et l'invariabilité de la vitesse V de la lumière dans le vide; ces mots impliquant la notion de mouvement absolu, admettons l'existence de l'éther uniquement comme repère.

Variation de l'unité de temps. — A cause de l'effet Doppler-Fizeau, la période de réception en B de signaux lumineux intermittents émis par un foyer A diffère de celle d'émission si A et B se déplacent l'un par rapport à l'autre et prend des valeurs différentes suivant que le corps immobile est A ou B; pour que les périodes de réception *observées* soient égales, il faut que dans un système en mouvement *uniforme* de vitesse λV, les mouvements internes soient ralentis dans un rapport déterminé. Si T est la période d'un phénomène dans le cas du repos, il faut avoir :

$$\alpha T(1-\lambda) = \alpha^{-1} T(1+\lambda)^{-1}; \qquad \text{d'où} \qquad \alpha = 1 : \sqrt{1-\lambda^2}.$$

L'unité de temps ayant changé, l'opérateur lié à A a changé, *à son insu*, l'intervalle d'émission. Cette variation s'étend nécessairement aux phénomènes physiologiques.

Heure locale. — Appelons ainsi l'heure marquée aux différents points d'un système par des horloges de construction identique et parfaite, réunies *d'abord* en un même point, puis mises à la même heure, et *ensuite* transportées à leur poste *avec une vitesse infiniment petite*. Tenant compte du ralentissement des oscillations dû à l'entraînement λV et à la vitesse interne, on trouve, quand celle-ci tend vers zéro,

$$t_x = t_\Omega \sqrt{1-\lambda^2} - \frac{\lambda x}{V\sqrt{1-\lambda^2}},$$

t_Ω, temps absolu; x, distance, à l'origine mobile, du plan normal à l'entraînement passant au point considéré. C'est l'expression du *deuxième* temps local de Lorentz (*The theory of Electrons*, p. 326). Einstein règle les horloges *après* qu'elles sont à poste (*Archives de Genève*, 15 janvier 1910).

Contraction longitudinale. — A deux corps mobiles A et B sont liés deux systèmes O(A), O(B) d'observateurs; chaque observateur observe seulement au point qu'il occupe. Pour que les positions attribuées par O(A) à B et par O(B) à A soient les mêmes (pour une même heure observée), il faut et il suffit que, dans un système en mouvement λV, les dimensions parallèles à l'entraînement soient réduites dans le rapport $\sqrt{1-\lambda^2} : 1$ et que les dimensions normales soient invariantes. Comme conséquence de ces deux transformations, observateurs immobiles ou entraînés et mesurant la vitesse de la lumière, trouveront toujours le même nombre V, soit en utilisant un trajet fermé, soit en employant *un aller seul de sens quelconque.*

Transformation des forces et des masses. — Un corps solide mobile autour d'un axe immobile est en équilibre sous l'action de deux forces perpendiculaires à l'axe et entre elles. Si l'axe est maintenant entraîné parallèlement à l'une d'elles, l'équilibre doit subsister. Dans une rotation virtuelle, la contraction longitudinale déforme le corps, on appliquera le théorème des travaux virtuels; d'autre part la force est homo-

gène à MLT_1^{-2}; de plus

$$m_L = m_M + v\frac{dm_M}{dv},$$

v, vitesse; m_L, masse longitudinale; m_M, masse maupertuisienne de M. Poincaré; on établit que $m_M = m_T$; m_T, masse transversale; partant de là, on démontre que les forces parallèles à l'entraînement sont invariantes, que les forces normales sont réduites dans le rapport $\sqrt{1-\lambda^2}:1$ et l'on obtient pour les masses des expressions conformes à celles de Lorentz.

La transformation étant ainsi établie, on peut parvenir, par voie déductive, à l'expression des forces absolues entre corps en mouvement uniforme, si l'on ajoute aux hypothèses faites, celle de l'existence d'un potentiel $q:R$ pour action, à distance R, d'un corps *ponctuel immobile* caractérisé par la quantité scalaire q invariable.

Considérons encore deux corps A et B, un système d'observateurs O(B) défini comme plus haut et un système Ω d'observateurs immobiles. Précisons sous quelle forme le principe de relativité sera appliqué. A et B ont des vitesses absolues données, connues de Ω (état I). Soit un état II dans lequel on a donné à l'un des corps un mouvement uniforme arbitraire et à l'autre un mouvement convenable, c'est-à-dire que tel que pour O(B) les positions apparentes de A soient les mêmes pour les mêmes heures apparentes. Le postulat consiste à admettre que *tous* les phénomènes du système AB auront encore pour O(B) les mêmes apparences.

Champ de A *en mouvement;* B *en repos* (état I). — Ramenons à un cas connu; mettons le système dans un état II où A soit immobile. Son champ est connu; on en déduit le champ apparent pour O(B); revenons à l'état I; O(B) doit faire les mêmes mesures apparentes, mais il est redevenu immobile; ces mesures nous fournissent le champ absolu (pour Ω) *que nous cherchions.* Soit λV la vitesse de A; on a pour le champ de A

$$(1) \qquad qL^{-3}(1-\lambda^2)R \qquad \text{avec} \qquad L^2 = R^2(1-\lambda^2) + (\lambda R)^2.$$

Champ induit par un corps en mouvement. — Comparons (1) au champ statique de A considéré comme immobile, mais disparaissant en un lieu pour reparaître au lieu voisin, de sorte que la vitesse équivalente soit encore λV. (C'est ce qu'on fait quand on tire le champ des potentiels scalaire et vecteur.) On obtient pour ce champ statique

$$(2) \qquad qL^{-3}[(1-\lambda^2)R + (\lambda R)\lambda];$$

par suite le mouvement effectif, cas de la réalité, fournit *nécessairement* un champ supplémentaire égal à l'excès de (1) sur (2)

$$(3) \qquad -qL^{-3}(\lambda R)\lambda.$$

Force exercée sur B *en mouvement par* A *en mouvement.* — Appliquons la même méthode, nous trouvons qu'il existe *nécessairement* une force supplémentaire

$$V[\lambda_B H] \tag{4}$$

avec

$$H = qL^{-3}(1-\lambda^2)V[\lambda R], \tag{5}$$

$\lambda_B V$ vitesse de B; (ab), $[ab]$ produits intérieur et extérieur des vecteurs a, b.

Si q est une charge électrique, (3) et (5) sont le champ faradaïque induit et le champ magnétique d'une charge en mouvement; (4) est la force de Hall-Lorentz qui s'exerce sur une charge en mouvement dans un champ magnétique. [On vérifie que (3) et (5) ont rigoureusement les valeurs que fournirait la théorie du potentiel-vecteur.]

La méthode exposée, et il ne peut en exister d'autre partant des mêmes postulats, permet d'obtenir ainsi les lois fondamentales du champ sauf l'induction due au mouvement accéléré (courant variable dans un circuit fixe) qui exige un appel à l'expérience; elle montre qu'il ne peut exister d'autres forces entre corps en mouvement uniforme; ses conclusions s'appliquent aux corps *neutres*, si toutefois ils peuvent être caractérisés par une quantité scalaire invariable; elles sont indépendantes du rôle de l'éther comme agent de transmission.

Remarque. — Dans les états I et II, O(A) et O(B) attribuent mutuellement à B et à A les mêmes positions; au contraire pour Ω, les mouvements relatifs de A et B sont différents; de même le principe d'action et de réaction n'est pas satisfait pour Ω; au contraire, les forces exercées mutuellement par l'un des corps sur l'autre sont égales et contraires si l'on compare les forces observées pour les mêmes heures observées.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la propagation d'une discontinuité sur une ligne télégraphique avec perte uniforme.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. H. Poincaré.

Soit $\varkappa$ le coefficient de perte; on a

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = \left(\varkappa + \gamma\frac{\partial}{\partial t}\right)V,$$

d'où

$$V = -\frac{1}{\gamma}\frac{\partial \Psi}{\partial x}, \qquad \gamma C = \left(\varkappa + \frac{\partial}{\partial t}\right)\Psi;$$

je suppose d'abord la ligne illimitée de $x = +0$ à $+\infty$, Ψ_4 (1) correspondant à un *ébranlement élémentaire de potentiel*, au départ, en $t = 0$, sera l'intégrale prise de $-\infty$ à $+\infty$,

$$\Psi_4 = \frac{\gamma}{2\pi}\int e^{int - izx} \frac{dn}{iz + (\varkappa + \gamma in) f_0(in)}, \tag{1}$$

d'où pour le courant C_2 ou le potentiel V_2 de la distribution 2, correspondant à *une rupture* 1 *de potentiel*, au départ, à partir de $t = 0$,

$$C_2 \text{ ou } V_2 = \frac{1}{2\pi}\int e^{int - izx} \frac{dn}{iz + (\varkappa + \gamma in) f_0(in)} \left(\frac{\varkappa + \gamma in}{in} \text{ ou } \frac{z}{n}\right) \tag{2}$$

intégrales nulles pour $vt < x$ et à prendre pour $vt > x$ dans le sens direct sur un contour enfermant la coupure et les pôles

$$v^2 z^2 = [n + (i\theta_1)^{-1}]^2 + \theta^{-2}; \qquad \text{coupure}\left(i\frac{\varkappa}{\gamma}, i\frac{\rho}{\lambda}\right), \tag{a}$$
$$\theta_1^{-1} \text{ ou } \theta^{-1} = \rho(2\lambda)^{-1} \pm \varkappa(2\gamma)^{-1}.$$

Le calcul des intégrales pour $vt > x$ se fait à l'aide de la transformation suivante, qui suppose que θ^{-1} n'est pas nul et qui se réduit dans le cas de la ligne sans perte ($\varkappa = 0$) à une transformation de M. H. Poincaré ; ξ est la nouvelle variable d'intégration

$$[n + (i\theta_1)^{-1}]\, t - vz\frac{x}{v} = \frac{1}{2}\left(\xi + \frac{1}{\xi}\right)u,$$
$$[n + (i\theta_1)^{-1}]\frac{x}{v} - vzt = \frac{1}{2}\left(\xi - \frac{1}{\xi}\right)u,$$
$$u = \sqrt{\left(\frac{x}{v\theta}\right)^2 - \left(\frac{t}{\theta}\right)^2}, \qquad \zeta = \sqrt{\frac{vt - x}{vt + x}}, \qquad j = -\frac{\zeta}{\xi},$$

d'où

$$2(in + \theta_1^{-1}) = \theta^{-1}(j + j^{-1}), \qquad 2ivz = \theta^{-1}(-j + j^{-1}), \qquad \frac{dn}{vz} = \frac{d\xi}{\xi},$$
$$\frac{vz}{n} = \frac{1 - j^2}{1 - 2\eta j + j^2}, \qquad \eta = \frac{\theta}{\theta_1}, \qquad \frac{iz}{\varkappa + \gamma in} = \lambda v \frac{1 + j}{1 - j},$$

les intégrales sont à prendre sur un cercle de rayon très grand du plan des ξ, d'où des expressions de la forme (2)

$$I = e^{-\frac{t}{\theta_1}} \sum_{n=0} a_n \zeta^n i^{-n} J_n(iZ), \qquad Z = \sqrt{\left(\frac{t}{\theta}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\theta}\right)^2}. \tag{b}$$

(1) *Comptes rendus*, t. 150.

(2) *Comptes rendus*, t. 151.

Je suppose maintenant la ligne limitée en $x = l$ par un appareil d'impédance $f_1(in)$, les intégrales (b) sont la solution du problème jusqu'au temps lv^{-1}, époque à laquelle naît en $x = l$ une nouvelle perturbation de vitesse $-v$, le coefficient de réflexion pour le potentiel est

$$r_l = \frac{\psi(-iz)}{\psi(iz)}, \qquad \psi(iz) = iz + (\varkappa + \gamma in) f_1(in),$$

d'où les intégrales réfléchies I'_v, I'_c, que la transformation précédente mettra sous la forme de séries (b), x remplacé par $2l - x$; au temps $2lv^{-1}$, naît en $x = 0$, par réflexion de I', la perturbation I'',

$$r_0 = \frac{\varphi(-iz)}{\varphi(iz)}, \qquad \varphi(iz) = iz + (\varkappa + \gamma in) f_0(in),$$

x remplacé par $2l + x$, et ainsi de suite; comme avec la ligne sans perte une self au départ empêche la naissance de la rupture du front de la perturbation principale et une résistance d'absorption éteint dans la perturbation réfléchie une rupture incidente ([1]).

Sans effectuer le changement de variable d'intégration, considérons l'intégrale définie du plan des n prise sur un cercle de rayon très grand et représentant la perturbation principale et les perturbations successives réfléchies; nous aurons pour I, sous le signe intégral, le facteur

$$(1 + r_l e^{-iz(2l-2x)} + r_0 e^{-2izx} r_l e^{-iz(2l-2x)} + \ldots)$$

qu'il suffit de sommer, comme il a été fait pour la ligne sans perte ([2]), pour avoir l'intégrale dans laquelle le mécanisme de la réflexion sera masqué, c'est-à-dire pour le potentiel ou pour le courant

$$(3) \qquad \text{V ou C} = \frac{1}{2\pi} \int e^{int} [\Phi(iz) \mp \Phi(-iz)] \left(\frac{z}{n} dn \text{ ou } \frac{\varkappa + \gamma in}{in} dn \right),$$

c'est la solution en séries généralisées de Fourier donnée directement par M. Pomey dans une Note récente, dans le cas d'une résistance inductive et d'un condensateur en série non shunté ([3]).

L'équation déterminante se déduit de l'équation (3) de ma précédente Note ([4]) en remplaçant, en dehors des f, γin par $\varkappa + \gamma in$, de même

([1]) *Comptes rendus*, t. 151.
([2]) *Comptes rendus*, 8 mai 1911.
([3]) *Comptes rendus*, 1er mai 1911.
([4]) *Comptes rendus*, 8 mai 1911.

pour Φ,

$$\Phi(iz) = \frac{\psi(iz)\, e^{iz(l-x)}}{\varphi(iz)\psi(iz)\, e^{izl} - \varphi(-iz)\psi(-iz)\, e^{-izl}},$$

n et z sont maintenant liés par (a).

Si l'on veut avoir la même équation déterminante simple en z que dans le problème particulier du n° 3 de la même Note, il faut supposer le condensateur de capacité γl_1 shunté par une résistance $(\varkappa l_1)^{-1}$, ou bien la ligne isolée en $x = l$ et en $x = 0$ une résistance inductive ρl_1, λl_1.

Soit maintenant le même problème général pour le câble $(\lambda = 0)$ avec perte uniforme, appareils $f_0(in)$, $f_1(in)$, l'équation des télégraphistes se réduit à l'équation de Fourier de la propagation linéaire de la chaleur avec perte uniforme latérale, (a) est remplacé par

$$(a') \qquad k(iz)^2 = hk + in, \qquad hk = \varkappa\gamma^{-1}, \qquad \text{coupure } (ihk, i\infty);$$

on part de l'intégrale (2) V_2 du plan des n, qui est transformée en intégrale du plan des z, la ligne d'intégration est ramenée à avoir pour extrémités $-\infty$, $+\infty$ réels et laisse au-dessus les pôles, d'où, par un procédé exactement semblable à celui donné pour le câble sans perte, la solution sous les deux formes ([1]).

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de l'air donné par la décharge initiale de l'étincelle de self-induction.* Note de M. **G.-A. Hemsalech**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note antérieure ([2]) j'ai démontré que le spectre de la décharge initiale de l'étincelle de self-induction diffère de celui émis par les oscillations et qu'on y aperçoit surtout les raies du spectre de lignes de l'air. J'ai de plus mis en évidence le fait ([3]) que la décharge initiale de l'étincelle de self-induction est due à une décharge indépendante des électrodes et qu'elle est régie par la capacité de ces dernières. Cette décharge initiale est très rapide, car il n'est pas possible de la dévier sensiblement à l'aide d'un courant d'air très fort.

Au cours de nouvelles recherches j'ai pu constater que la nature du spectre de la décharge initiale subissait des variations notables : c'étaient

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1051 et 1221.

([2]) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1227.

([3]) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 692.

tantôt les bandes positives de l'azote qui prédominaient, tantôt le premier spectre de lignes de l'air. Je me suis proposé alors d'étudier les conditions d'émission de chacun de ces deux spectres.

La décharge initiale fut isolée à l'aide de la méthode du courant d'air; on sait que dans ces conditions elle devient plus intense; ceci est probablement dû à ce que le renouvellement continuel de l'air entre les électrodes a pour effet d'élever le potentiel nécessaire pour préparer le passage à l'étincelle.

Le Tableau suivant donne le spectre de la décharge initiale d'une étincelle d'environ 3^{mm} de long et obtenu avec une capacité de 0,0024 microfarad et une self-induction de 0,044 henry. Les valeurs des longueurs d'onde des bandes se rapportent aux têtes de ces bandes.

Longueurs d'onde.	Intensités relatives.		Longueurs d'onde.	Intensités relatives.	
3577.......	1	bande pos.	4573.......	1	bande pos.
3756.......	3	id.	4601,6.....	0	raie
3805.......	4	id.	4607,3.....	00	id.
3943.......	2	id.	4613,9.....	00	id.
3998.......	8	id.	4621,5.....	0	id.
4059.......	6	id.	4630,6.....	2	id.
4201.......	2	id.	4643,3.....	$\frac{1}{2}$	id.
4269.......	3	id.	4649,2.....	$\frac{1}{2}$	id.
4344.......	2	id.	4803,5.....	0	id.
4417,2.....	1	raie	50 { 01,6...	1	id.
4447,3.....	1	raie	05,4...		
4489.......	1	bande pos.	5679,3.....	0	id.

On voit que ce spectre est composé de raies du premier spectre de lignes et de certaines bandes positives de l'azote qui font partie du deuxième groupe de Deslandres et forment des séries de triplets. Dans les présentes conditions de décharge ce sont les bandes qui prédominent. Les raies du spectre de lignes sont assez nébuleuses dans la décharge initiale.

Lorsque la distance explosive de l'étincelle augmente progressivement, les bandes de l'azote s'affaiblissent et disparaissent même, tandis que le spectre de lignes se développe davantage et finalement subsiste seule.

Avec de fortes capacités du condensateur la décharge initiale est faible, mais en diminuant la capacité elle devient de plus en plus intense et l'étude spectroscopique montre que les bandes et les raies sont renforcées simultanément et à peu près dans les mêmes proportions. L'augmentation de la self-induction entraîne également un renforcement de la décharge initiale et de son spectre entier, de sorte que pour une distance explosive donnée,

l'intensité du spectre de la décharge initiale d'une étincelle de self-induction varie en raison inverse de la capacité du condensateur et en raison directe de la self-induction du circuit de décharge.

L'augmentation de la capacité des électrodes produit un renforcement du spectre de lignes, tandis que les bandes s'affaiblissent et *vice versa*.

Pour expliquer ces modifications on peut faire intervenir deux facteurs : le degré de conductibilité de la couche d'air entre les électrodes et l'intensité de la décharge. Le fait que le premier spectre de lignes et les bandes positives apparaissent seulement dans la décharge initiale et surtout quand cette dernière est soufflée par un courant d'air, indique que pour la production de ces spectres l'espace entre les électrodes doit opposer une grande résistance à la décharge. Ensuite nous avons vu que les bandes positives deviennent prédominantes quand la capacité des électrodes est faible et la distance explosive petite, autrement dit quand l'intensité de la décharge est faible. Le premier spectre de lignes se développe au contraire quand la capacité des électrodes et la distance explosive deviennent grandes, c'est-à-dire quand la décharge devient plus intense.

Ainsi le spectre de lignes et les bandes positives sont liés au même état électrique de l'air, et pour passer de l'un à l'autre il suffit de faire varier l'intensité du courant dans la décharge ([1]). Comme je l'ai démontré récemment ([2]), une relation analogue existe entre le deuxième spectre de lignes et les bandes négatives de l'azote ; mais, dans ce cas, la condition essentielle était l'existence entre les électrodes d'une couche d'air ionisé.

Nature du spectre.	Siège des centres d'émission.	Caractère de la décharge.	État électrique de la couche d'air avant la décharge.
Premier spectre de lignes.	Décharge initiale.	Intense et rapide.	Non ionisé.
Deuxième spectre de lignes.	Oscillations.	Intense et assez rapide.	Ionisé.
Bandes positives (séries à triplets).	Décharge initiale.	Faible et rapide.	Non ionisé.
Bandes négatives..	Oscillations.	Intense à moyenne assez lente.	Ionisé.

Le Tableau ci-dessus donne l'origine et les conditions nécessaires pour

([1]) Cette influence de l'intensité du courant a été observée aussi dans l'azote à basse pression par M. Deslandres (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 1016).

([2]) Hemsalech, *Comptes rendus*, t, 152, 1911, p. 1086.

l'obtention de chacun des différents spectres de l'azote que j'ai observés avec l'étincelle de self-induction éclatant dans l'air à la pression atmosphérique.

En résumé, la méthode du courant d'air a permis d'obtenir quelques indications intéressantes sur l'origine des différents spectres de l'azote. Des expériences préliminaires m'ont démontré qu'on peut appliquer cette même méthode à l'étude d'autres gaz, tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'acide carbonique, etc.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les irrégularités du potentiel disruptif.* Note de M. André Léauté, présentée par M. H. Poincaré.

Dans des expériences antérieures sur l'explosion des fusibles haute tension ([1]), j'ai rencontré de très grandes difficultés, malgré les précautions les plus minutieuses, à régulariser d'une façon un peu satisfaisante le potentiel disruptif des éclateurs et à obtenir, avec ces appareils, des résultats quantitatifs sensiblement comparables entre eux. Ces difficultés sont d'ailleurs bien connues dans l'industrie; en particulier, les variations du potentiel disruptif dans les limiteurs de tension rendent à peu près illusoire la protection des réseaux par les dispositifs à intervalles d'air. On peut employer, il est vrai, les appareils à jets d'eau fonctionnant sans étincelle; mais ces limiteurs, très bons lorsqu'il s'agit de surtensions progressives, sont beaucoup moins efficaces contre les surcharges brusques. Dans ce dernier cas, qui est le plus dangereux, l'imperfection des éclateurs à étincelles laisse donc l'exploitant dans une position précaire; aussi y a-t-il intérêt à étudier ces appareils pour les divers fluides dans lesquels ils peuvent être plongés, puis, pour chaque fluide, à rechercher l'influence de la rapidité de la surcharge sur les irrégularités du potentiel disruptif. C'est ce qui a été fait, dans les très nombreuses expériences dont les résultats seuls seront résumés ici.

Ces expériences ont été établies sur un schéma analogue à celui de M. Swyngedauw ([2]); deux éclateurs identiques comportent chacun une électrode fixe et une électrode montée sur un chariot permettant de régler l'écartement à $\frac{1}{40}$ de millimètre près; une sonnerie donne le repérage du zéro des graduations; les deux éclateurs sont alimentés en parallèle par une machine statique; entre elle et eux sont intercalés un

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **149**, p. 819, et *La Lumière électrique*, 8 octobre 1910.

([2]) Cf. Swyngedauw, *Thèse de Doctorat.*

troisième éclateur, en série, une self-induction variable, une capacité de 0,03 microfarad, en dérivation. Les électrodes sont interchangeables et peuvent affecter la forme de boules de 1^{cm} à $0^{cm},3$ de diamètre ou de pointes.

1° *Dans l'air*, les expériences montrent que, pour les différentes rapidités de charge, le potentiel explosif présente des irrégularités considérables; celles-ci subsistent malgré toutes les précautions prises : constance de la température, maintien de l'état hygrométrique, suppression des courants d'air, écrans pour empêcher l'action des rayons ultra-violets, soufflage entre chaque expérience, nettoyage des électrodes, etc. Ces irrégularités sont fonction du temps qui s'écoule entre deux étincelles; et elles sont *plus nombreuses pour une charge rapide que pour une charge lente*. Dans ce dernier cas, avec des électrodes sphériques de 1^{cm} de diamètre et un intervalle de trois minutes entre chaque étincelle, la proportion d'irrégularités tombe au-dessous de 5 pour 100; pour une charge brusque, avec les mêmes éclateurs et un intervalle élevé à 10 minutes, la proportion d'irrégularités reste supérieure à 10 pour 100.

2° *Dans l'huile, le pétrole, la paraffine, etc.* Ici la loi précédente est renversée; les irrégularités sont *plus nombreuses pour une charge lente que pour une charge brusque*. Lorsqu'on charge lentement, si l'on n'a pas soin de purifier avec soin le liquide et, en particulier, de le débarrasser des traces d'humidité, les irrégularités sont nombreuses; mais quand on charge très rapidement, le phénomène devient régulier, sans qu'on ait besoin d'opérer aucune purification ni de prendre aucune précaution spéciale, pourvu seulement qu'on emploie des électrodes suffisamment larges.

Il se produit donc dans l'huile le contraire de ce qu'on observe dans l'air; ce fait, singulier au premier abord, peut être attribué à ce que les impuretés du liquide, poussières ou gouttelettes d'eau, n'exercent une action appréciable qu'au voisinage des électrodes et n'ont pas le temps d'atteindre cette région à cause de la viscosité du milieu, quand on fait monter très rapidement le potentiel. On peut mettre en lumière le mécanisme de ce phénomène par une expérience très simple : il suffit de projeter les rayons d'une lampe électrique sur les éclateurs et de faire tomber dans le bain des poussières ou des gouttelettes d'eau, les électrodes étant assez écartées pour qu'aucune étincelle ne passe. On voit les impuretés sauter d'un pôle à l'autre et quelques-unes d'entre elles amorcer des étincelles, qui paraissent être de véritables étincelles de convection.

Les résultats qui précèdent montrent que les limiteurs à intervalles multiples fonctionneront avec plus de régularité dans l'huile, et même dans

l'huile salie par un long usage, que dans l'air, du moins pour les charges brusques, qui sont précisément celles auxquelles ils doivent parer. Comme les intervalles extrêmes jouent seuls un rôle dans l'amorçage, on pourra ne mettre dans l'huile que les derniers rouleaux, ce qui, de plus, évitera les courts-circuits en cas de fuite de l'huile; mais il ne faut pas perdre de vue que, pour obtenir avec certitude la régularisation cherchée, on doit se placer dans les conditions des expériences ci-dessus, c'est-à-dire proscrire les fortes courbures d'électrodes, et empêcher l'action des rayons ultra-violets.

Les résultats détaillés de ces études seront publiés dans un autre Recueil.

PHYSIQUE. — *Dispositif d'enregistrement à distance d'une transmission téléphonique sur cylindres ou disques phonographiques.* Note de MM. **H. Lioret**, **F. Ducretet** et **E. Roger**, présentée par M. d'Arsonval.

L'enregistrement de la parole, de la musique et des sons de toute nature a toujours été réalisé jusqu'ici au moyen du phonographe en agissant directement sur l'appareil, les sons étant toujours émis à très faible distance de l'appareil enregistreur.

Nous avons réalisé un dispositif qui nous a permis de faire cet enregistrement d'une manière parfaite, à une distance quelconque de l'appareil inscripteur, en faisant usage d'une ligne téléphonique. La reproduction est faite ensuite avec une forte intensité, en munissant l'appareil soit d'un cornet amplificateur, soit de tubes écouteurs placés dans les oreilles.

Pour atteindre ce résultat, nous avons fait usage du téléphone haut-parleur déjà connu sous le nom de *Poste téléphonique haut-parleur Gaillard-Ducretet*.

Le microphone placé à distance est construit de manière à laisser passer un courant assez intense variant aux environs de $0^{amp},5$. Ces variations sont reproduites dans le récepteur, qui est placé dans le circuit direct dans le cas des courtes distances (300^{m} à 400^{m}), ou dans un circuit réduit, en utilisant une bobine d'induction, dans le cas des grandes distances (10^{km} à 15^{km}).

Le récepteur téléphonique est ajusté exactement au moyen d'un tube raccord aux lieu et place de l'embouchure ordinaire dont est généralement muni le porte-diaphragme enregistreur. Le réglage du récepteur peut se faire avec une grande exactitude en faisant varier, au moyen d'une vis, la distance entre l'électro-aimant et le diaphragme.

Entre la membrane du téléphone et celle du phonographe se trouve

interposée une chambre remplie d'air et constituée par deux tubes rentrant l'un dans l'autre, de manière à pouvoir faire varier son volume. Cette chambre reste en communication avec l'air extérieur au moyen d'un petit trou empêchant la compression de l'air à l'intérieur.

Les vibrations reproduites par la membrane du récepteur sont ainsi communiquées au diaphragme et au style du phonographe par l'intermédiaire de la couche d'air, et viennent s'inscrire, suivant les procédés connus, sur disques ou cylindres. En ayant soin de bien choisir les dimensions et formes de diaphragmes les plus convenables, on arrive à un enregistrement absolument fidèle des vibrations multiples et compliquées de la voix humaine.

Certains organes accessoires ont été ajoutés à ce dispositif, afin d'en rendre l'application pratique.

1° Au poste récepteur l'enregistrement se fait automatiquement au moyen d'un relais excité par le courant téléphonique et fermant un courant local qui actionne un électro-aimant déclenchant le mécanisme du phonographe.

2° Lorsque le style inscripteur est arrivé au bout de sa course, il coupe automatiquement le courant de ligne, de sorte qu'au moyen d'un indicateur de courant intercalé dans le circuit au poste transmetteur, le correspondant peut se rendre compte si son message est en état d'être recueilli.

3° Un récepteur téléphonique est installé à côté de l'appareil enregistreur et un commutateur permet, à volonté, de procéder à l'enregistrement ou d'échanger au besoin une conversation.

Il est inutile d'insister sur les nombreux avantages et applications pratiques de ce dispositif : il devient ainsi possible à un correspondant d'envoyer un message ou dicter ses lettres à un moment quelconque et en quelque endroit qu'il se trouve; plusieurs postes transmetteurs peuvent être disposés en dérivation sur une même ligne et permettre à plusieurs correspondants d'envoyer leurs messages de plusieurs points différents sur le même récepteur qui les centralise tous. Un seul phonographe est nécessaire, il est placé au poste récepteur et sert à la fois à l'enregistrement et à la reproduction. Enfin, un orateur peut faire enregistrer son discours sans être assujetti à parler directement dans une embouchure fixe. Un long cordon souple reliant son microphone à la ligne lui permet, s'il le désire, d'évoluer dans un certain rayon, sans que la transmission de la parole soit affaiblie.

PHYSIQUE. — *Sur la mesure des champs magnétiques en valeur absolue.* Note (¹) de M. **Pierre Sève**, présentée par M. J. Violle.

On peut utiliser, pour la mesure des champs magnétiques en valeur absolue, les phénomènes électrodynamiques ou les phénomènes d'induction :

La méthode la plus commode, pour l'emploi des premiers, est celle de la balance de Cotton, dont M. Weiss et moi-même (²) avons étudié des modèles précis et commodes. Il est néanmoins utile, dans tous les cas, de comparer les indications de la balance avec les résultats de mesures balistiques, bien que ces dernières donnent lieu à des montages moins simples. Outre l'intérêt qui s'attache à la détermination d'une grandeur physique par deux procédés exigeant des appareils différents, l'usage simultané des deux méthodes a l'avantage d'éliminer les erreurs de graduation de l'ampèremètre qui mesure le courant employé dans la balance ou dont la variation étalonne le galvanomètre balistique, ce courant intervenant au numérateur dans l'une des méthodes et au dénominateur dans l'autre. En outre, la méthode balistique permet l'exploration dans des espaces plus réduits, ce qui est précieux avec un champ non uniforme.

Pour vérifier les valeurs que j'avais obtenues par la balance, pour des champs magnétiques produits par un électro-aimant et utilisés à la mesure de susceptibilités en valeur absolue, j'ai employé le montage suivant dont plusieurs dispositifs sont nouveaux :

Une bobine de surface s est enlevée du champ H à mesurer. Dans le même circuit se trouve une bobine de surface S placée dans un champ connu h (dû au passage d'un courant connu dans un solénoïde). On s'arrange pour que la quantité d'électricité produite par l'enlèvement de la bobine soit égale à celle qui résulte de l'inversion du courant dans le solénoïde. On a alors

$$Hs = 2hS$$

Le problème consistait donc :

1° A réaliser un champ h connu en valeur absolue;

2° A vérifier l'égalité des flux HS et $2h$S;

3° A mesurer le rapport de S à s.

(¹) Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

(²) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1309.

1° Le champ magnétique connu était celui d'un solénoïde

$$(l = 35^{cm}, \quad d = 12^{cm},5, \quad x = 10 \text{ spires au cm}, \quad i = 1^{amp})$$

formé d'une seule couche de fil de cuivre isolé enroulé dans un sillon tracé à la surface d'un cylindre de cuivre rouge ([1]) et étudié avec soin. Le courant était mesuré par l'ampèremètre ([2]) qui avait servi pour les mesures à la balance.

2° Au lieu d'un galvanomètre balistique ordinaire, on a employé un fluxmètre ([3]). Cet appareil a le grand avantage de permettre des mesures par une méthode de zéro. Si nous envoyons dans cet appareil, dans lequel le couple directeur est négligeable, une quantité Q d'électricité, l'équation du mouvement

$$A\frac{d^2x}{dt^2} + B\frac{dx}{dt} = C\frac{dQ}{dt},$$

intégrée entre les instants 0 et 1 où le cadre est immobile, donne

$$A\left(\frac{dx}{dt}\right)_0^1 + B(x_1 - x_0) = CQ$$

ou, comme

$$A\frac{dx_0}{dt} = A\frac{dx_1}{dt} = 0,$$

$$CQ = B(x_1 - x_0)$$

quelle que soit la loi de variation. On réglait le courant dans le solénoïde de façon à avoir l'égalité.

3° Le rapport des surfaces S et s, égal à 5370 environ, ne pouvait se mesurer qu'électriquement.

La surface S était limitée : la résistance de la bobine ne devant pas dépasser 30 ohms pour que l'amortissement du fluxmètre fût suffisant et la bobine devant être entièrement dans le champ uniforme du solénoïde. La comparaison eût été très difficile par les méthodes ordinaires qui auraient été trop peu sensibles.

([1]) Le solénoïde a été construit avec beaucoup de précision par M. Mailhat. Le noyau de cuivre, de 3^{mm} d'épaisseur, avait l'avantage d'allonger les variations de champ magnétique pendant l'inversion du courant, évitant ainsi les erreurs dues à l'aimantation transversale de l'aimant du fluxmètre.

([2]) Il avait été soigneusement étalonné en fonction de l'ohm international et de l'élément Weston avec la collaboration des ateliers Carpentier.

([3]) Appareil Grassot. On sait que si l'on envoie dans un balistique ordinaire deux quantités d'électricité de sens contraire et à peu près égales, le mouvement du cadre dépend de la loi de variation du courant et ne renseigne nullement sur la différence des deux quantités d'électricité.

J'ai employé avec succès une méthode fondée sur l'emploi des courants alternatifs. On voit aisément que le montage de Maxwell pour la comparaison de deux coefficients d'induction mutuelle est valable en courant alternatif, en remplaçant la pile par une source de courant et le balistique par un indicateur de courant alternatif, à condition que la réactance des circuits induits soit négligeable par rapport à leur résistance ohmique. L'emploi du courant alternatif à basse fréquence (42 périodes) du Secteur de la Rive gauche permet de réaliser cette dernière condition avec une sensibilité suffisante, grâce à l'emploi du galvanomètre à courant alternatif de M. Abraham [1]. La sensibilité est facilement 100 fois plus grande qu'avec les méthodes balistiques.

Les bobines à comparer sont placées au centre d'une double bobine d'Helmholtz (25^{cm} diamètre, 35 ampères, 110 volts, 120 tours) placée directement sur le Secteur et donnant un champ alternatif intense uniforme sur plusieurs centimètres [2]. Les résistances utilisées étaient construites pour courant alternatif. On tenait compte de la résistance des bobines et des fils de communication. On s'assurait, en changeant les résistances, que les réactances des circuits n'intervenaient pas.

La concordance a été aussi parfaite qu'on pouvait l'espérer d'après la précision des mesures accessoires; par exemple, le résultat brut d'une mesure de champ à la balance a été de 17080 gauss. La méthode d'induction a donné 17108. La moyenne 17094 a été admise comme valeur du champ.

En résumé, l'emploi simultané de la balance de Cotton et des méthodes d'induction que j'ai employées permettent de mesurer avec sécurité des champs magnétiques de l'ordre de 15000 gauss avec une précision de l'ordre du millième.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chaleur moléculaire de fusion.* Note de M. E. Baud, présentée par M. A. Haller.

Diverses relations ont été proposées entre la chaleur moléculaire de fusion et la température absolue de fusion ou d'autres propriétés des corps.

Raoult [3] avait signalé que la constante cryoscopique $\frac{0,02\,T^2}{q}$ divisée par le poids moléculaire du dissolvant donnait un quotient qui différait peu d'un liquide à l'autre.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 993.

(2) L'uniformité du champ avait été vérifiée en mesurant au galvanomètre à courant alternatif le courant induit dans un circuit comprenant une bobine exploratrice et une bobine fixe, ayant avec la bobine de Helmholtz deux coefficients d'induction mutuelle à peu près égaux et opposés.

(3) *Comptes rendus*, 27 nov. 1882, et *Cryoscopie* (Collection *Scientia*).

Cela revenait à écrire

$$\frac{Q}{T^2} = \text{const.},$$

Q étant la chaleur moléculaire de fusion.

En 1895 et 1897, Deer (1) publia que le quotient $\frac{Q}{T}$ est constant pour des corps de constitution semblable, et Crompton (2) donna la règle $\frac{q \times d}{T} = \text{const.}$ où d est le poids spécifique du liquide et q la chaleur de fusion de 1g.

Enfin, en 1902, Robertson (3) arriva à la relation

$$\frac{Q}{T\sqrt[3]{V}} = \text{const.},$$

où V est le volume moléculaire du liquide.

Pour faire un choix entre ces équations, il faut s'adresser à des corps normaux à l'état liquide. Ce sont vraisemblablement ceux qui ont le plus de chances de rester normaux à l'état solide. On évite ainsi la polymérisation qui influerait sur la chaleur de fusion.

L'équation

$$\Delta t = K \log x T_2 \quad (4)$$

fournit un moyen commode de s'assurer qu'un corps est normal.

On peut employer celui-ci comme dissolvant et y ajouter un corps normal ne réagissant pas sur lui; K doit rester à peu près constant, quelle que soit la concentration.

On peut, comme contrôle, faire l'inverse et déterminer le point de congélation d'une solution dans laquelle le corps à étudier reste dissous.

C'est ainsi que je considère comme pratiquement normaux les corps suivants :

$C^2H^4Br^2$, $C^2H^4Cl^2$, $C^3H^6Br^2$, C^6H^6, le toluène, les xylènes, le *p*-bromotoluène, le *p*-dichlorobenzène, le naphtalène, les chloro- et bromonaphtalènes, le phénanthrène et enfin le trichlorure d'antimoine.

Si l'on vérifie pour ces corps les relations précédentes générales, on constate qu'aucune d'elles ne concorde d'une façon satisfaisante avec les faits expérimentaux.

---

(1) *Chem. News*, t. LXXVI, 1897, p. 234.

(2) *Transac.*, t. LXXI, 1897, p. 925.

(3) *Journ. of ch. Soc.*, t. LXXXI, p. 1233.

(4) Voir E. Baud et L. Gay, *Comptes rendus*, t. 150, p. 1687, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. IX, 1911, p. 114.

Le phénomène de la cristallisation proprement dite peut être accompagné d'une polymérisation ou d'une isomérisation (existence de plusieurs formes cristallines).

Enfin, il y a des corps qui ne prennent pas immédiatement leur état solide définitif. Il est donc très utile de se guider au moyen d'idées théoriques.

Considérons l'équation de Clapeyron

$$dp = Q\frac{dT}{T}\frac{1}{\Delta v}.$$

La variation Δv du volume moléculaire au moment de la solidification est la différence entre le covolume du liquide et le covolume du solide, à la température de fusion, si l'on admet que les atomes occupent le même volume à l'état solide et à l'état liquide. En d'autres termes, nous admettons que la contraction, au passage de l'état liquide à l'état solide, porte uniquement sur les espaces intermoléculaires et non sur le volume réel des molécules

$$\Delta v_T = (\text{cov. liq.} - \text{cov. sol.})_T = (V - V')_T,$$

V et V′ étant les volumes moléculaires à l'état liquide et à l'état solide, à la température de fusion T.

Traube a montré ([1]) que le covolume se dilate comme un gaz, c'est-à-dire proportionnellement à T.

On aura donc

$$\Delta v_T = (V - V')_T = (V - V')_{15}\frac{T}{273 + 15}.$$

Portons cette valeur dans l'équation de Clapeyron

$$dp = Q\frac{dT}{T^2}\frac{288}{(V - V')_{15}},$$

et en intégrant

$$p = \frac{Q}{T}\frac{288}{(V - V')_{15}}.$$

Si l'on opère à pression constante, par exemple à la pression atmosphérique, on a

$$\frac{Q}{T} = K(V - V')_{15}.$$

La chaleur moléculaire de fusion est proportionnelle à la température

([1]) *D. ch. G.*, t. XXVIII, p. 3292.

absolue de fusion et à la variation de volume mesurée à température constante, à 15° par exemple.

Si l'on remarque que V — V' est proportionnel à la température absolue, l'équation devient

$$Q = K(V - V')_T.$$

La chaleur moléculaire de fusion est proportionnelle à la variation de volume mesurée à la température de fusion.

Les données fournies par Demerliac [1], pour $C^2H^4Br^2$; par Colson [2], pour les trois xylènes et par moi-même pour le naphtalène et le trichlorure d'antimoine paraissent vérifier cette proposition. Ces vérifications expérimentales sont assurément en nombre insuffisant et je me propose de faire des déterminations de variations de volume à la fusion, pour la plupart des liquides normaux cités précédemment.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les radiations qui décomposent l'eau et sur le spectre ultraviolet extrême de l'arc au mercure.* Note [3] de M. **A. Tian**, présentée par M. Lippmann.

La lumière d'une lampe à mercure en quartz décompose rapidement l'eau oxygénée et détermine en même temps la formation de petites quantités de cette substance au sein de l'eau pure. Une question importante est à élucider : parmi les radiations émises par cette lampe, quelles sont celles qui décomposent l'eau en donnant du peroxyde d'hydrogène ? Les rayons qui produisent l'eau oxygénée sont-ils les mêmes que ceux qui la détruisent ? Les expériences que je vais décrire prouvent que l'eau se peroxyde seulement sous l'action des radiations localisées dans le spectre ultraviolet extrême, au-dessous de la longueur d'onde 1900 ångströms.

J'ai dosé directement l'eau oxygénée produite dans de l'eau exposée à l'air libre, à la lumière de la lampe à mercure.

Celle-ci était une lampe de 220 volts 3,5 ampères, mais alimentée en réalité sous une tension beaucoup plus basse (40 volts seulement aux bornes de la lampe : à ce régime la peroxydation de l'eau est notablement augmentée). La lumière de l'arc agissait dans tous les cas sur une même quantité d'eau très pure (conductivité $1,3.10^{-6}$ à 15°) étendue en nappe mince, d'épaisseur toujours la même, après avoir traversé 5^{cm} à 6^{cm} d'air, une lame de quartz cristallisé de 1^{mm} et, dans certaines expériences, 4^{mm}

[1] Thèse de Paris, 1898.

[2] Colson, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. VI, p. 128.

[3] Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

à 8^{mm} d'eau pure supportée par la lame de quartz. Le peroxyde d'hydrogène était dosé à l'aide d'une solution demi-millinormale de permanganate de potassium : le liquide, examiné sous une épaisseur de 50^{cm}, à côté d'un tube témoin plein d'eau, se colorait très nettement par un excès de $0^{cm^3},1$ de la solution titrante.

On trouve ainsi que la vitesse initiale de peroxydation de l'eau (vitesse moyenne pendant la première heure), qui est indépendante de l'intensité des rayons destructeurs de l'eau oxygénée, conserve les 0,6 de sa valeur quand on intercale sur le trajet de la lumière une couche d'eau de 4^{mm}, et seulement les 0,35 avec une épaisseur de 8^{mm}. La vitesse de formation de l'eau oxygénée étant évidemment proportionnelle à l'intensité des radiations qui la produisent, on peut calculer avec les données précédentes le coefficient d'absorption pour l'ensemble de ces rayons. On trouve ainsi, pour ce coefficient, une valeur *constante* quand l'épaisseur de l'écran varie : on est donc en présence d'une seule radiation ou d'un groupe de radiations extrêmement voisines. D'autre part, la courbe d'absorption de l'eau déterminée par Kreusler (¹), un peu prolongée (elle s'arrête à 1860 ångströms), permet de déterminer leur longueur d'onde : on trouve ainsi 1850 ångströms environ. On arrive donc à cette conclusion que l'eau oxygénée est formée, dans l'eau soumise à la lumière d'une lampe à mercure en quartz, par des radiations de 1850 ångströms et en même temps on révélait leur existence dans le rayonnement de cette lampe.

Le spectre du mercure étant inconnu au-dessous de 2150 ångströms (²), j'ai dû, pour vérifier l'existence de ces rayons et confirmer ainsi mes recherches chimiques, étudier le spectre ultraviolet extrême de la lampe en quartz à vapeur de mercure. Je me suis servi d'un spectroscope à prisme et lentilles en fluorine. Le quartz étant, en épaisseur un peu notable, opaque pour les rayons très réfrangibles. J'ai constaté ainsi, sur les photographies du spectre de la lampe, l'existence d'un groupe de raies dont les longueurs d'onde sont 1846, 1848, 1851 ångströms, et d'un triplet plus large : 1941, 1971, 2000 ångströms. Ces longueurs d'onde ont été déterminées à l'aide des raies déjà connues du mercure et de celles de l'aluminium. Toutes ces

(¹) Kreusler, *Ann. der Physik*, t. VI, 1901, p. 412.

(²) Eder et Valenta, *Ann. der Physik und Chemie*, t. LV, 1895, p. 478. — Dans un court article sur la stérilisation de l'eau par la lumière de très courte longueur d'onde (*Nature*, 21 juillet 1910, p. 71), M. T. Lyman mentionne que, d'après ses recherches et celles du Dr Hancke, il n'existe dans le spectre du mercure aucune raie plus réfrangible que la forte raie 1850. A ma connaissance, ces auteurs n'ont encore rien publié sur ces recherches.

nouvelles radiations appartiennent bien au mercure et non à une impureté : je les ai trouvées dans le spectre d'autres lampes à mercure ainsi que dans celui obtenu avec une étincelle éclatant entre deux globules de mercure pur.

Il existe donc un groupe étroit de radiations dans la région prévue, et d'autre part, étant donné le grand intervalle qui sépare le dernier groupe de la première raie du triplet suivant, et la variation considérable du coefficient d'absorption de l'eau dans cette région du spectre, on peut conclure très nettement, de l'étude chimique, à l'inactivité sur l'eau de la radiation 1941 et *a fortiori* de toutes les autres. Le groupe 1850 produit donc seul la décomposition de l'eau, au moins quand la lumière a traversé 5^{cm} à 6^{cm} d'air et une lame de quartz cristallisé de 1^{mm}; d'ailleurs, l'absence de raies dans les spectrogrammes au-dessous de 1846 permet de penser que ce groupe est vraiment le seul actif; cependant on ne saurait être absolument affirmatif à ce sujet, à cause de la notable épaisseur d'air traversée dans le spectroscope (45^{cm}) et de la faible sensibilité des plaques avec gélatine pour cette région du spectre.

La lumière de l'arc au mercure, grâce aux rayons de très faible longueur d'onde qu'elle renferme, décompose l'eau. Il doit en être de même des sources produisant des radiations voisines. J'ai constaté qu'en effet il en est bien ainsi pour la lumière émise par l'étincelle entre électrodes d'aluminium, qui renferme comme on le sait les radiations 1854, 1857,5, 1862 : déjà au bout de quelques minutes on peut déceler la présence d'eau oxygénée dans de l'eau pure soumise, sous une mince lame de quartz, au rayonnement d'une petite étincelle éclatant entre deux fils d'aluminium; après une heure on obtient 10^{cm^3} d'eau oxygénée demi-millinormale.

Les radiations situées au-dessous de 1900 ångströms, point pour lequel la courbe d'absorption de l'eau se relève brusquement, décomposent donc cette substance. Ainsi, tandis que l'eau oxygénée est détruite par l'ultraviolet moyen que ce liquide absorbe, mais pour lequel l'eau est transparente, l'eau est elle-même décomposée dans la région du spectre ultraviolet pour laquelle elle est opaque.

En résumé : Les radiations qui décomposent l'eau, avec formation d'hydrogène et d'eau oxygénée, sont localisées dans l'extrême spectre ultraviolet, au delà de 1900 ångströms, environ.

La lumière de la lampe à mercure en quartz détermine cette décomposition, grâce à la présence des radiations 1846, 1848, 1851 ; celle émise par l'étincelle, entre électrodes d'aluminium, possède la même propriété.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation catalytique de la pinacone acétylénique. Synthèse du tétraméthylcétohydrofurane.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

Ayant essayé d'hydrater catalytiquement la pinacone acétylénique $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - C \equiv C - COH\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$ par une solution de sulfate mercurique, j'ai obtenu quantitativement, au lieu de la dioxycétone attendue, son oxyde interne, qui n'est autre que le *tétraméthylcétohydrofurane* :

$$\begin{matrix} & CO - CH^2 & \\ \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!>\!C & & C\!<\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix} \\ & O & \end{matrix}$$

Il y a donc simplement eu, dans cette réaction, isomérisation du glycol acétylénique. N'ayant point trouvé, dans la littérature chimique, d'autre dérivé du β-cétohydrofurane, et le produit précédent étant d'une préparation aisée, je me suis attaché à étudier quelques propriétés de ce corps avant de tenter la généralisation de ce procédé de synthèse.

Le mode préparatoire est simple : 100g de pinacone acétylénique sont introduits peu à peu dans une solution de 20g de sulfate mercurique dans 500g d'eau; on chauffe une heure au bain-marie et l'on entraîne à la vapeur d'eau. Dans le liquide distillé, une couche abondante surnage; elle est décantée et la couche aqueuse inférieure, lavée une fois à l'éther; on sèche et l'on distille.

L'acétate mercurique agit de la même manière que le sulfate, mais plus lentement; le chlorure mercurique, au contraire, ne donne que des traces de cétone.

On obtient ainsi, avec un rendement sensiblement quantitatif, un liquide très fluide, incolore, à odeur de camphre, légèrement soluble dans l'eau, qui bout à 149° et fond à — 20°,5. La réfraction moléculaire est d'accord avec la formule adoptée : $d_{18} = 0,9251$; $n_{18} = 1,4198$; $R_M = 38,826$ (calculée : 38,700; pour un alcool éthylénique en chaîne ouverte on aurait : 40,237; pour une fonction phénolique : 39,633).

Le noyau cétofurfuranique semble posséder, dans ce corps, une grande stabilité : il résiste aux procédés d'hydratation ordinaires et jusqu'à présent une oxydation vive, seule, m'a permis d'ouvrir la chaîne. Je reviendrai ultérieurement sur ces recherches, me limitant, pour aujourd'hui, à l'étude de deux groupes de propriétés de l'oxygène cétonique.

I. *Propriétés normales de la fonction cétone.* — 1° Le *tétraméthylcétohydro-*

furane donne, sans difficultés, une *semi-carbazone* en fines aiguilles fondant à 190°, une *oxime* cristallisant en paillettes fusibles à 128° et une *phényl-hydrazone* fondant à 134°.

2° Le *bromure de méthylmagnésium* donne, après attaque ultérieure par l'eau, l'alcool :

```
           CH3  CH
              \/
              C   CH2
              |___|
   CH3\       |   |      /CH3
        >C    C   C    <
   CH3/       \  /       \CH3
                O
```

en cristaux blancs, fondant à 77°, d'odeur camphrée et identique au produit obtenu par MM. Bouveault et Locquin [1] par déshydratation du triol correspondant. Ce fait vient légitimer complètement la formule adoptée précédemment.

3° Le *dibromomagnésiumacétylène*, qui est, d'après Jotsitch, un des réactifs les plus précieux des fonctions cétoniques, donne ici le glycol $C^8H^{15}O^2 - C \equiv C - C^8H^{15}O^2$ en cristaux blancs fusibles à 97°-98°.

II. *Propriétés liées à une transformation énolique du noyau.* — En dehors des propriétés précédentes, il existe une série de réactions dans lesquelles le corps semble se comporter comme un *phénol*. On peut se rendre compte de ces propriétés en admettant la transformation énolique suivante :

```
        CO   CH2                          COH   CH
        |____|                             |====|
CH3\    |    |    /CH3           CH3\      |    |    /CH3
     >C          C<         →         >C           C<
CH3/      \  /    \CH3           CH3/        \  /     \CH3
           O                                  O
```

De ce groupe font partie les propriétés acides et basiques du corps.

α. *Propriétés acides.* — L'*acide sulfurique* réagit vivement sur le *tétraméthylcétohydrofurane* pour donner le sulfate neutre $SO^4(C^8H^{13}O)^2$, sel blanc très hygroscopique fondant à 67°-70°. Ce sel est détruit par l'eau et les alcalis pour régénérer le corps primitif.

Les hydracides, en solution concentrée, dissolvent avec échauffement le tétraméthylcétohydrofurane, mais il ne m'a pas été possible d'isoler de sels halogénés.

β. *Propriétés basiques.* — Le *tétraméthylcétohydrofurane* réagit sur le

[1] *Ann. de Chim. et Phys.*, t. XXI, 1910, p. 428.

sodium, mais la réaction est rapidement limitée par l'insolubilité du sel formé. L'action sur la potasse sèche est, au contraire, très aisée; elle se produit dès 120° et est complète si l'on a soin de répéter l'attaque en éliminant à chaque fois l'eau produite par la réaction. On obtient aussi le *dérivé potassé* $C^8H^{13}O^2K$, duquel un acide peut régénérer le corps primitif.

Ce dérivé potassé, traité par le bromure d'éthyle, donne l'*éther-oxyde* $(C^8H^{13}O)O.C^2H^5$, liquide bouillant à 157°-159°; $D_{18} = 0,8878$; $n_D = 1,4237$; $R_M = 48,823$ (calculée : 49,001).

Cet ensemble de propriétés semble démontrer l'existence d'une fonction phénolique; il est donc logique d'admettre la transformation énolique que j'ai indiquée. Ces propriétés seraient alors à rapprocher de celles de l'*indoxyle* qui réagit également sous deux formes tautomères.

Je poursuis l'étude du tétraméthylcétohydrofurane ainsi que la généralisation du procédé de synthèse à ses homologues à partir des autres glycols acétyléniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'obtention des β-dicétones.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Note [1] j'ai indiqué que les cétones acétyléniques de la forme $C^6H^5 - C \equiv C - COR$ étaient susceptibles de se combiner aux amines primaires et secondaires, pour donner des aminocétones éthyléniques β-substituées

$$C^6H^5 - C(NR'R'') = CH - CO - R$$

et

$$C^6H^5 - C(NHR') = CH - CO - R.$$

Ces combinaisons se comportent, vis-à-vis des acides, de la même manière que les aminonitriles éthyléniques β-substitués

$$C^6H^5 - C(NR'R'') = CH - CN$$

et les aminoéthers-sels éthyléniques β-substitués

$$C^6H^5 - C(NHR') = CH - CO^2R$$

obtenus par Moureu et Lazennec [2] avec les nitriles et les éthers-sels acé-

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 1179 et 1190.

tyléniques. Sous l'influence des acides, en effet, l'amine fixée par la triple liaison acétylénique $-C \equiv C-$ est détachée de sa combinaison, en même temps que les éléments de l'eau prennent la place qu'elle occupait. La fonction acétylénique est ainsi transformée en fonction cétonique $-CO-CH^2$. Naturellement, l'amine forme un sel avec l'acide employé.

Cette réaction constitue une méthode indirecte d'hydratation de la triple liaison acétylénique, applicable toutes les fois que cette dernière est susceptible de fixer les amines.

Dans le cas particulier des cétones acétyléniques, elle permet d'obtenir les β-dicétones. On peut très facilement mettre en évidence la formation de ces combinaisons. Il suffit, pour cela, de dissoudre quelques centigrammes de l'aminocétone éthylénique dans 5^{cm^3} à 10^{cm^3} d'alcool à 80° additionnés d'une goutte d'acide chlorhydrique et d'une goutte de perchlorure de fer. On voit apparaître aussitôt la coloration rouge intense des sels ferriques des β-dicétones. La réaction est des plus régulières; appliquée en grand, elle permet de préparer les sels de cuivre des combinaisons précitées dans un grand état de pureté.

Moureu et Lazennec ([1]) ont indiqué que le procédé de choix pour hydrater les nitriles et les éthers-sels acétyléniques, préalablement combinés aux amines, consistait à les dissoudre dans l'éther et à les faire réagir sur la quantité théorique d'acide oxalique en solution dans le même solvant additionné de $\frac{1}{10}$ de son volume d'alcool à 90°. C'est cette méthode que j'ai appliquée aux aminocétones éthyléniques. Il n'est pas nécessaire d'employer celles-ci absolument pures; le produit brut, généralement coloré en brun, qu'on obtient par action de l'amine sur la cétone acétylénique, convient très bien pour cette séparation.

J'ai traité, par ce procédé, cinq cétones acétyléniques combinées à la pipéridine; dans un sixième cas (valérylphénylacétylène) j'ai utilisé la diéthylamine.

Dès que les deux solutions sont en contact, il se forme un précipité cristallin d'oxalate d'amine facile à caractériser par son point de fusion. Après 2 heures de repos, on décante la solution éthérée. La distillation du solvant laisse un résidu légèrement coloré en jaune, qu'on dissout dans quatre à cinq fois son volume d'alcool. L'addition d'une solution aqueuse d'acétate de cuivre sépare sous forme cristalline la combinaison $\left(\begin{matrix}C^6H^5CO\\RCO\end{matrix}\!\!>\!CH\right)^2Cu$, qu'une simple recristallisation dans l'alcool fournit à l'état de pureté.

([1]) *Loc. cit.*

On peut extraire très facilement la dicétone de sa combinaison cuprique. Il suffit, pour cela, de mettre cette dernière en suspension dans l'acide chlorydrique étendu et d'agiter le mélange avec de l'éther. Le cuivre reste dans la solution aqueuse. La solution éthérée, séchée et distillée, fournit d'emblée un produit pur.

Voici, avec leurs principales constantes physiques, la liste des β-dicétones que j'ai préparées par ce procédé :

Noms.	Formules.	Points d'ébullition.	Points de fusion.	Points de fusion des sels de cuivre.
Acétylacétophénone....	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - CH^3$	»	60°	191°-192°
Propionyl »	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^2H^5$	154°-155° : 16mm	»	152
Butyryl »	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^3H^7$	165-166 : 14	»	132
Isovaléryl »	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^4H^9$	166-167 : 15	»	105-106
Caproyl »	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^5H^{11}$	189-191 : 20	20	109-110
Benzoyl » .... (Dibenzylméthane)....	$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$	»	81	325 (avec décompos.) (Bloc Maquenne)

Ces diverses dicétones étaient déjà connues. Claisen, Stylos (¹) avaient préparé les quatre premières, Moureu et Delange (²) avaient obtenu la caproylacétophénone en hydratant par l'acide sulfurique le benzoylœnanthylidène $C^6H^5 - CO - C \equiv C - C^5H^{11}$. Le caproylphénylacétylène $C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^5H^{11}$ isomère du benzoylœnanthylidène devait conduire à la même β-dicétone.

C'est en effet ce que j'ai constaté.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde tétrolique* (*2-butinal*). Note (³) de M. **P.-L. Viguier**, présentée par M. A. Haller.

Deux groupes de méthodes générales permettent d'obtenir les aldéhydes du type $R - C \equiv C - CHO$: ou bien, comme l'ont fait Claisen (⁴) et ses élèves, on part de l'aldéhyde éthylénique $R - CH = CH - CHO$ et l'on y crée la liaison acétylénique après avoir bloqué la fonction aldéhyde; ou bien, comme Moureu et Delange (⁵), on part du carbure $R - C \equiv CH$

(¹) *Berichte*, t. XX, p. 655 et 2181.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXV, p. 307.
(³) Présentée dans la séance du 22 mai 1911.
(⁴) Claisen, *Ber. d. deutsch. chem. Gesell.*, t. XXI, p. 1021.
(⁵) Moureu et Delange, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, p. 374, et t. XXXI, p. 1327.

dont on fait réagir les dérivés métalliques sur les éthers formiques ou orthoformiques. J'ai appliqué ces divers procédés à la préparation de l'aldéhyde tétrolique $CH^3 - C \equiv C - CHO$.

I. *Acétal tétrolique* $CH^3 - C \equiv C - CH(OC^2H^5)^2$ (*2-butinedioxy*-1.1-*éthane*).

J'ai obtenu antérieurement [1] ce corps par la méthode de Claisen, à partir de l'aldéhyde crotonique. Bien que j'aie pu améliorer considérablement les rendements en substituant la potasse alcoolique à 20 pour 100 à la potasse sèche dans le traitement de l'acétal bromocrotonique, cette méthode est toujours longue et pénible : on obtient plus facilement l'acétal en employant, comme Moureu et Delange, la méthode de Bodroux [2] : on fait agir l'orthoformiate d'éthyle sur le bromure d'allylène-magnésium; la réaction se fait avec un rendement de 60 pour 100.

L'acétal tétrolique, préparé par l'une ou l'autre de ces méthodes, est un liquide incolore, d'odeur faible et agréable, bouillant à 60-61° sous 13^{mm} et à 169°-170° sous la pression normale :

$$d_{16^\circ} = 0,902; \qquad n^{D}_{16^\circ} = 1,427.$$

II. *Aldéhyde tétrolique* $CH^3 - C \equiv C - CHO$ (2.*butinal*). — L'acétal tétrolique est hydrolysé facilement par les acides étendus, mais l'isolement de l'aldéhyde pure est pénible. Les meilleurs résultats ont été obtenus en distillant l'acétal avec une solution d'acide oxalique à 10 pour 100; l'aldéhyde, entraînée par les vapeurs d'eau et d'alcool, est extraite à l'éther, puis rectifiée sous pression réduite et ensuite sous la pression normale.

L'aldéhyde tétrolique est un liquide mobile, d'odeur extrêmement irritante, incolore quand il vient d'être distillé. Elle bout à 27°-28° sous 34^{mm}; à 106°,5-107° sous la pression ordinaire et cristallise dans la neige carbonique en aiguilles fondant à $-26°$; $d_{0^\circ} = 0,944$; $d_{17^\circ} = 0,9265$; $n^{D}_{17^\circ} = 1,4467$.

L'aldéhyde tétrolique s'oxyde rapidement à l'air en donnant l'acide tétrolique cristallisé (fondant à 76°-77°). Elle réduit lentement à froid, rapidement à chaud le nitrate d'argent ammoniacal et la liqueur de Fehling; elle colore le réactif de Schiff et donne la réaction colorée de Fischer-Penzoldt. La potasse, même étendue et froide, la détruit rapidement avec dégagement d'allylène. Elle donne normalement la combinaison bisulfitique C^4H^4O, SO^3HNa cristallisée, très soluble dans l'eau.

---

(1) P.-L. Viguier, *Comptes rendus*, t. 149, p. 403.

(2) Bodroux, *Comptes rendus*, t. 138, p. 93 et 700.

La *semicarbazone* $CO\begin{cases} NH - N = CH - C \equiv C - CH^3 \\ NH^2 \end{cases}$ s'obtient facilement en agitant l'acétal avec une solution de chlorhydrate de semicarbazide. Elle fond à 158°.

L'action de l'aldéhyde tétrolique sur l'hydroxylamine et sur l'hydrazine est particulièrement intéressante : on devait arriver ainsi au méthylisoxazol et au méthylpyrazol. C'est ce que j'ai vérifié ; j'ai pu, de plus, isoler dans chaque cas un produit intermédiaire.

1. 2-*butinaloxime* $CH^3 - C \equiv C - CH = N - OH$ et *α-méthylisoxazol*

$$\begin{array}{c} CH^3 - C = CH \\ | \quad\quad | \\ O \diagdown \;\; \diagup\!\!\diagup CH \\ N \end{array}$$

L'oxime s'obtient en agitant l'acétal avec une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine, en évitant toute élévation de température. Elle cristallise dans la benzine en longues aiguilles incolores se sublimant nettement vers 100°, fondant à 108°-109° et se décomposant brusquement quelques degrés plus haut.

Cette oxime est d'ailleurs instable : à la température ordinaire elle se liquéfie lentement en prenant l'odeur du méthylisoxazol ; la transformation est complète par distillation avec de l'eau. Il en résulte qu'on obtient facilement le méthylisoxazol en distillant l'acétal tétrolique avec une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine ; on l'extrait en passant par sa combinaison avec le chlorure de cadmium. On l'a caractérisé par son point d'ébullition (121°-122°), son chloroplatinate et sa transformation en cyanacétone (anilide fondant à 113°) par l'action des alcalis, conformément aux résultats établis par Claisen [1].

2. 2-*butinalhydrazine* $CH^3 - C \equiv C - CH = N - NH^2$; 2-*butinalazine*

$$\begin{array}{l} CH^3 - C \equiv C - CH = N \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad\; | \\ CH^3 - C \equiv C - CH = N \end{array}$$

et 5-*méthylpyrazol*

$$\begin{array}{c} CH^3 - C = CH \\ | \quad\quad | \\ NH \diagdown \;\; \diagup\!\!\diagup CH \\ N \end{array}$$

La butinalhydrazine s'obtient en ajoutant peu à peu 1^{mol} d'aldéhyde à 1^{mol} d'hydrate d'hydrazine dilué dans l'alcool et fortement refroidi : après dessiccation sur le sulfate de soude et fractionnement dans le vide, on obtient un liquide incolore d'odeur faible ; miscible à l'eau, bouillant à 63°-65° sous 15^{mm} ; $d_{18°,5} = 0,9768$; $n^{D}_{18°,5} = 1,530$.

---

(1) Claisen, *Ber. d. deutsch. chem. Gesell.*, t. XLII, p. 59.

La butinalhydrazine réagit immédiatement à froid sur une nouvelle molécule d'aldéhyde tétrolique pour donner l'azine cristallisée en aiguilles jaunes fondant à 123°-124°; elle se condense également à froid avec l'isosulfocyanate de phényle pour donner la *phénylthiosemicarbazone* fondant avec décomposition à 114°-116°.

Enfin, si l'on chauffe la butinalhydrazine avec un très petit fragment de potasse, le liquide entre en ébullition vers 110° et la température s'élève spontanément jusque vers 200° : il distille alors (à 198°-202°) un liquide d'odeur forte qu'on a identifié facilement avec le 5-méthylpyrazol par les dérivés cristallisés qu'il donne avec le nitrate d'argent et le chlorure mercurique, et par son dérivé nitré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dérivé magnésien du fluorène.* Note de MM. V. Grignard et Ch. Courtot, présentée par M. A. Haller.

Le groupement CH^2 du fluorène présente une acidité un peu plus faible que celui de l'indène, mais cependant suffisante encore pour lui permettre de donner un dérivé magnésien, dans des conditions analogues. Tandis que l'indène réagit sur le bromure d'éthyl-magnésium, dans le toluène vers 100° il est nécessaire, ici, d'opérer dans le xylène et de chauffer vers 135°, jusqu'à ce que tout dégagement gazeux ait cessé. On a alors la réaction suivante :

$$\begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!> CH^2 + C^2H^5MgBr = \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!> CHMgBr + C^2H^6$$

Ce nouveau dérivé magnésien est assez soluble à chaud et très peu soluble à froid. Nous avons jusqu'à présent mis ses propriétés en évidence par les réactions suivantes :

Acide 9-fluorène-carbonique. — La carbonatation effectuée à la température de 100° conduit avec un bon rendement à l'acide 9-fluorène-carbonique, déjà connu, fusible à 220°-222° (non corr.)

Fluorényl-fluorénol tertiaire. — La fluorénone réagit facilement vers 100° et nous a conduit, par le processus habituel, et avec un rendement de 75-80 pour 100, au fluorényl-fluorénol tertiaire, qui cristallise dans le mélange éther-ligroïne en petits cristaux, fusibles à 195°-196° (non corr.) à peine teintés de rose probablement par une faible trace de l'hydrocarbure correspondant.

Bis-diphénylène-éthène. — Celui-ci, qui s'obtient en traitant le nouvel alcool par l'acide chlorhydrique aqueux, au sein de l'acide acétique bouillant, est, en effet, le bel hydrocarbure rouge, déjà connu, qui cristallise dans l'acide acétique ou dans l'alcool en aiguilles fusibles à 189°-190° (non corr.) :

$$\begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!> C(OH) - CH <\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!> C = C <\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix}$$

Quand on chauffe ce même alcool, en solution éthylique avec un peu d'acide chlor-

hydrique, on engendre au contraire l'éther-oxyde, qui cristallise dans l'alcool ordinaire en aiguilles jaunâtres, fusibles à 168°-169° sur le bain de mercure et à 174° en tube scellé (non corr.) :

$$\begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!>\! \underset{\displaystyle \overset{|}{OC^2H^5}}{C} - CH \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!>\! CCl - CH \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix}$$

Enfin, par action de l'acide chlorhydrique sec, dans l'acide acétique froid, le fluorényl-fluorénol donne le chlorure correspondant, légèrement coloré en jaune et fusible à 157°-158° (non corr.), après cristallisation dans la benzine.

Mais si l'on essaie de le faire cristalliser dans l'alcool, il réagit sur celui-ci et, après deux cristallisations, il est complètement transformé en éther-oxyde identique au précédent. Il est d'ailleurs possible que cette réaction ait été catalysée, au début, par d'infimes traces d'acide chlorhydrique, provenant, par exemple, des vapeurs du laboratoire, comme cela a été déjà constaté par d'autres chimistes, dans des circonstances analogues.

Fluorényl-diphényl-carbinol. — Comme dans le cas du magnésien de l'indène ([1]), la benzophénone réagit sur notre magnésien à température plus basse que la fluorénone, vers 80°; mais, malgré cela, on obtient, à côté de l'alcool tertiaire prévu, une notable proportion de l'hydrocarbure correspondant. On les sépare au moyen de la benzine qui dissout moins facilement l'alcool. (Rendement total : environ 65 pour 100.)

Le fluorényl-diphényl-carbinol cristallise dans la benzine en aiguilles incolores fusibles à 216°-217° (non corrigée).

Diphényl-biphénylène-éthène. — En le traitant par l'acide chlorhydrique, en milieu alcoolique, on n'obtient plus l'éther-oxyde, comme dans le cas précédent, mais l'hydrocarbure qui est le diphényl-biphénylène-éthène, déjà connu, fusible à 225°, incolore à l'état cristallisé, mais donnant des solutions fortement colorées en jaune :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! C(OH) - CH \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = C \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix}$$

Nous avons complété son identification par son picrate, fusible à 197°.

Nous aurons à examiner plus tard, lorsque notre série sera complète, l'influence des divers substituants sur la coloration des hydrocarbures que nous préparons facilement par cette méthode, mais nous pouvons déjà comparer la stabilité relative des deux alcools précédents à celle des alcools analogues que nous avons préparés avec le magnésien de l'indène.

L'α-indényl-fluorénol tertiaire s'éthérise de la même manière que le fluorényl-fluorénol. Nous avons en effet préparé son éther-oxyde méthylique par action de l'acide chlorhydrique aqueux sur sa solution méthylique

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 272.

bouillante; il fond à 115°-116°. Au contraire, l'α-indényl-diphényl-carbinol se déshydrate dans les mêmes conditions, comme le fait le fluorényl-diphényl-carbinol.

Il résulte de là que, dans cette série d'alcools tertiaires, les fluorénols sont plus stables que les alcools diphénylés correspondants. Il y aura lieu de rechercher si cette règle se généralise lorsque le troisième radical du carbinol est quelconque.

Nous poursuivons l'étude des applications de nos nouveaux organo-magnésiens et nous essayons d'étendre leur méthode de préparation au dihydrure de naphtalène et à l'anthracène ou à son dihydrure.

BOTANIQUE. — *Expériences sur la germination d'une plante aquatique, le* Damasonium Bourgæi *Cosson*. Note de M. **Battandier**, présentée par M. Guignard.

De nombreuses expériences, de plus nombreuses observations m'ont démontré que les plantes sauvages ont en général une germination fort irrégulière et que cela est nécessaire pour la conservation des espèces.

Il arrive souvent, en Algérie, qu'après une première pluie certaines plantes, les Mauves par exemple, germent en masse; puis un retour de sirocco anéantit cette germination. Qu'une deuxième pluie arrive, il germera encore tout autant de Mauves au même endroit. Si un nouveau sirocco détruit cette deuxième germination, une troisième ne fera point défaut quand les pluies s'installeront définitivement.

Depuis près de 40 ans que j'étudie la Flore de l'Algérie, j'ai remarqué que certaines plantes ne trouvent pas tous les ans les conditions climatériques nécessaires à la maturation de leurs graines, sans cesser pour cela de germer tous les ans.

Une surtout, le *Damasonium Bourgæi*, attira mon attention.

Je l'ai vu se développer en moyenne tous les dix ans (¹), et je pensai qu'une plante ayant des conditions d'existence aussi particulières devait avoir une germination très irrégulière.

En 1904, le *Damasonium Bourgæi* se développa abondamment à Aïn-Taya, près

(¹) *Voir* Battandier, *Plantes intermittentes* (*Bulletin de la Société botanique de France*, 1904, p. 348).

d'Alger, dans une propriété que j'y possédais alors. Je résolus d'en faire un semis dès que ses graines seraient mûres.

Comme cette plante germe sous l'eau à une profondeur ne dépassant guère 10^{cm}, je pris une cuvette parallélépipédique en verre ayant 20^{cm} de hauteur, 14^{cm} de longueur et 6^{cm} d'épaisseur. Je mis dans le fond une hauteur de terre de 8^{cm}; sur cette terre, je disposai les inflorescences mûres de deux pieds de *Damasonium*, et je les recouvris de 1^{cm} de terre pour éviter qu'un enfouissement trop profond ne gênât la germination. La cuvette ainsi préparée fut placée dans mon jardin, près de ma maison. L'eau du ciel y tombait librement; elle ne pouvait ni s'écouler, ni s'élever à plus de 10^{cm}. Dès qu'il pleuvait, la plante se trouvait donc dans de bonnes conditions pour germer. Aucune graine de *Damasonium* ne pouvait y être apportée du dehors. J'ai arraché, avant leur fructification, tous les pieds de *Damasonium* qui ont germé. Cet arrachage peut avoir dérangé quelque peu la disposition superficielle des graines. Voici quels ont été, jusqu'à ce jour, les résultats de l'expérience.

Il a germé :

	Damasonium.
Hiver de 1904-1905	0
» 1905-1906	3
» 1906-1907	15
» 1907-1908	29
» 1908-1909	12
» 1909-1910	11
» 1910-1911	158

Je dis bien *cent cinquante-huit*.

Tous les hivers, la germination fut fort irrégulière, s'échelonnant depuis les premières pluies (octobre ou novembre) jusqu'en mars.

Cette dernière année, les pluies arrivèrent fort tard, en décembre seulement, et coïncidèrent avec un abaissement de température qui dut gêner la germination, car au 15 février rien n'avait bougé. Je croyais l'expérience terminée. Mais, dans la deuxième quinzaine de février, 7 pieds germèrent, et la germination continua les mois suivants, devenant d'autant plus abondante que la température s'élevait davantage. Le 12 mai, j'avais arraché 126 pieds, et la cuvette n'avait presque plus d'eau. Du 12 au 15 mai, il tomba encore 5^{cm} d'eau et la germination recommença de plus belle.

Le 24 mai, j'arrachai encore 32 germinations, et je vidai la cuvette pour suspendre l'expérience, car, à cette époque de l'année, dans les conditions normales, la végétation du *Damasonium* est généralement terminée.

A quoi tient la très considérable germination de 1911. L'explication qui s'offre d'abord à l'esprit, c'est que sept ans représentent l'intervalle de temps le plus favorable à la germination du *Damasonium*. Toutefois il est possible également que la cause en soit la persistance peu habituelle des pluies dans une saison relativement chaude.

J'ignore combien de graines restent encore à germer, et j'aurais bien

voulu, pour faire cette communication, attendre la fin de l'expérience; mais voilà sept ans qu'elle dure et je risquerais, à mon âge, de n'en pas voir la fin. En tout cas, quoi qu'il arrive par la suite, il n'en demeure pas moins démontré que les germinations provenant d'un seul semis de *Damasonium Bourgæi* peuvent s'échelonner sur un grand nombre d'années : fait bien nécessaire pour une plante qui mûrit si rarement ses graines.

PARASITOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur une maladie du Pin Weymouth.* Note de M. **P. Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

Les aiguilles du Pin Weymouth ou Pin du Lord (*Pinus Strobus* L.) sont sujettes aux attaques d'une Hystériinée nommée par M. Rostrup *Lophodermium brachysporum*, ramenée par M. von Tubeuf au genre *Hypoderma* D. C., en raison de la forme des ascopores qui ne sont pas aciculaires comme dans le genre de Chevallier. Connu surtout en Danemark et en Allemagne, ce parasite vient d'être signalé par M. G. Fron ([1]) dans les pépinières de l'Ouest et du Calvados. C'est la première observation d'*Hypoderma brachysporum* publiée en France.

Est-ce un nouveau fléau qui vient s'abattre sur nos cultures forestières déjà si gravement éprouvées? Je ne le crois pas, et je viens exposer les raisons qui me font considérer ce parasite comme une espèce depuis longtemps indigène et susceptible d'envahir accidentellement les pépinières où il rencontre des conditions spécialement favorables.

Le 6 octobre 1888, l'année même où M. von Tubeuf signalait l'*Hypoderma brachysporum* en Bavière, j'observai ce champignon sur les aiguilles sèches gisant sur le sol au vallon d'Olima, près d'Épinal. Les arbres déjà âgés étaient plantés dans le gravier humide au bord d'un ruisseau. Ils avaient attiré mon attention par une décrépitude précoce, bien que le climat leur fût favorable. On voit, en effet, dans la ville même, au parc du château, de vigoureux spécimens, comptant au nombre des plus anciens Weymouths cultivés en France.

Je me préoccupai peu de l'*Hypoderma*, car j'avais remarqué, sur les rameaux, des chancres causés par le *Dasyscypha calycina* et, sur la souche des pieds abattus, des touffes d'*Armellaria mellea*. J'en conclus que la sta-

([1]) G. Fron, *Maladie du* Pinus Strobus *déterminée par* Lophodermium brachysporum Rostrup (*Bull. Soc. mycol. de France*, t. XXVII, 1911, p. 44-46).

tion prédisposait le *Pinus Strobus* aux attaques des parasites les plus divers, parce que cette essence, prospère dans les sables qui retiennent l'humidité, souffre dans les sols trop frais et inondés.

Je ne saurais tirer de cette observation isolée aucune indication sur la répartition de l'*Hypoderma brachysporum* sur notre territoire. Nous nous en tiendrons à la seule conclusion légitime : c'est que ce parasite est aussi ancien en France qu'en Allemagne, qu'il y vit en pleine forêt. S'il vient d'y être signalé pour la première fois, on n'a pas de raison de se croire en présence d'une épidémie nouvelle justifiant toutes les craintes qui naissent en face d'un ennemi inconnu.

PHYSIOLOGIE. — *La capacité manostatique chez les aviateurs.* Note (¹) de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Yves Delage.

On peut démontrer expérimentalement l'existence, dans le segment inférieur du bulbe, de centres manostatiques dont le rôle est d'assurer le maintien actif et vigilant de l'équilibre entre notre pression intérieure et les variations de la pression extérieure.

Cette région du bulbe contient en effet un grand nombre de fibres nerveuses provenant de la racine du nerf trijumeau, et dont la projection périphérique, sur la muqueuse nasale, occupe généralement la tête du cornet inférieur. Or, chez des sujets jeunes ou vieux, dont la tension artérielle, agent direct de cette régie manostatique, s'écarte de la normale, comme chez les artério-scléreux, ou à la ménopause, dans une foule d'affections ou même dans des états qui ne sont pas autrement pathologiques, il suffit le plus souvent d'une très légère cautérisation de la muqueuse nasale en ce point pour voir la tension artérielle redevenir normale, presque instantanément, ce qui révèle bien l'intervention d'un centre puissant, et pour un temps qui peut dépasser plusieurs mois (²).

En même temps disparaissent souvent divers troubles d'oppression ou de dépression vasculaires, vertiges, bourdonnements, céphalée, migraines, dysménorrhée, hémorragies, tachycardie, surmenage cardiaque ou rénal, ou d'oppression et de dépression nerveuses, excitation, anxiété, asthénie, apathie, etc.

(¹) Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

(²) *Régulation immédiate de la tension artérielle par sollicitation des centres manostatiques bulbaires* (*Soc. de Biologie*, 1er avril 1911).

Les sujets dont les centres manostatiques se montrent déjà insuffisants dans les conditions normales de pression seront naturellement plus exposés que d'autres aux ruptures brusques de cet équilibre, comme dans la compression ou dans la décompression trop vives sous la cloche à plongeur, et aussi dans les ascensions ou les descentes trop rapides en ballon ou en aéroplane.

Il semble certain que des morts liées à des manques subits de tenue des aéroplanes ont pu être le résultat de la torpeur qui s'empare de l'aviateur quand il ne peut équilibrer assez vite sa pression intérieure à la variation trop rapide de la pression extérieure, soit dans la montée, soit dans la descente.

La recherche de la tension artérielle, de la capacité manostatique et, au besoin, le réveil des centres nerveux qui en ont la direction, s'imposent donc chez les aviateurs autant que la vérification du moteur, comme le réglage du chronomètre et du compas chez les navigateurs. Un jeune aviateur qui souffrait d'oppression circulatoire, de vertige et d'obnubilation à chaque descente d'aéroplane, n'éprouve plus qu'une gêne insignifiante depuis que je lui ai abaissé, il y a 4 mois, sa tension artérielle de 22 à 16, tension qui s'est maintenue normale depuis lors.

STATISTIQUE ANTHROPOMÉTRIQUE. — *Influence du milieu social sur le développement de la taille chez la femme.* Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Perrier.

Les chiffres que nous publions ci-dessous constituent une nouvelle démonstration de l'importance du milieu social sur le développement de la taille.

Plus le milieu est riche, plus la taille augmente, pourrait-on dire.

Si l'on compare à ce point de vue, ainsi que nous l'avons fait cette année même, un groupe de 50 ouvrières parisiennes à un groupe de 50 parisiennes de la classe riche, les différences en faveur de la classe riche atteignent une moyenne de $0^{m},034$.

Les femmes étudiées par nous ont été choisies parmi celles qui sont actuellement âgées de 21 à 40 ans pour éviter tout affaissement notable de la colonne vertébrale, et portant toute diminution importante de la taille.

Voici les chiffres obtenus :

	Moyenne.
Groupe de 50 parisiennes du milieu ouvrier	1^m,557
Groupe de 50 parisiennes du milieu riche	1^m,591

Nous aurions voulu comparer ces résultats aux moyennes obtenues sur les femmes mesurées par le service de l'identité judiciaire de Paris au cours de ces dernières années.

Cette comparaison eût été intéressante à plus d'un titre, les femmes soumises aux mensurations appartenant pour la majorité au groupe des vagabondes, c'est-à-dire à cette partie de la population française le plus souvent touchée par la *misère physiologique*.

Malheureusement depuis plusieurs années, la taille des femmes soumises à l'identification n'est plus mesurée à la Préfecture de Police.

Les mensurations les plus récentes du service anthropométrique que nous avons pu étudier remontent à une période déjà un peu ancienne, s'étendant entre les années 1888 et 1896. (Elles sont néanmoins très démonstratives.) 1025 femmes parisiennes, âgées de 21 à 30 ans, ont été mesurées pendant cette période. Il s'agissait de criminelles, vagabondes, voleuses, etc.; sur cette population spéciale, la taille est inférieure à la taille moyenne de la population ouvrière. Le chiffre moyen obtenu est de 1^m,5404.

383 femmes parisiennes, de 31 à 40 ans, ont été mesurées pendant le même laps de temps. La moyenne de taille obtenue a été presque identique : 1^m,5426.

En résumé le milieu social a sur le développement général une influence considérable. C'est ainsi que la taille moyenne minima se rencontre dans la population la plus misérable ([1]) (vagabondes, etc.).

Le milieu ouvrier parisien fournit déjà une moyenne de taille plus élevée. Enfin dans la bourgeoisie et l'aristocratie riches la taille atteint son plus grand développement.

En d'autres pays, des résultats analogues ont déjà été signalés et nos statistiques confirment les travaux de nos devanciers étrangers.

([1]) De même, la population d'un asile de folles (celle de Maison-Blanche par exemple), en vertu des dégénérescences, etc., fournit une moyenne de taille peu élevée : 1^m,544 sur 100 femmes françaises aliénées, épileptiques, idiotes, etc., la moyenne de taille de la femme *française* étant 1^m,57 environ.

MÉDECINE. — *Sur l'adjonction d'un appareil microphonique au cornet acoustique pour soulager la surdité.* Note (¹) de M. L. **Le Nouëne**, présentée par M. d'Arsonval.

En 1880, dans une Communication à l'Académie des Sciences (séance du 15 mars), MM. Paul Bert et d'Arsonval émettaient l'idée d'appliquer aux sourds un appareil microtéléphonique et présentaient un microphone qui, recevant les sons émis à une certaine distance, les transmettait amplifiés sans *crachement*. Ils étaient arrivés à ce résultat par un réglage spécial basé sur une variation de mobilité des charbons produite par l'attraction plus ou moins grande d'un aimant sur des chemises en fer doux enveloppant les charbons. Ils concluaient : « La parole ainsi recueillie à distance, nous cherchons maintenant à en augmenter l'intensité au téléphone récepteur, et c'est alors que l'application au soulagement de la surdité pourra être tentée utilement. »

En 1891, M. Mercadier présentait à la même Société deux récepteurs d'un modèle réduit qu'il appelait *bi-téléphone*. Les récepteurs étaient réunis entre eux par une tige formant ressort, qui servait en même temps d'aimant permanent, de conducteur électrique et de ressort de fixation. Ces récepteurs pesaient chacun 50^g et avaient un diamètre variant de 3^{cm} à 4^{cm}. Il les comparait avec avantage aux autres récepteurs qui pèsent 400^g et faisait remarquer que la valeur du récepteur dépend uniquement du diamètre et de l'épaisseur de la plaque comparés à la puissance magnétique de l'aimant permanent et de l'électro-aimant.

L'auteur est arrivé par un réglage précis à réduire les dimensions et le poids des récepteurs et, les combinant à un petit tube acoustique, à les faire tenir à l'oreille sans adjonction d'un ressort.

Cet appareil se compose d'un microphone, de deux récepteurs, d'un générateur de courant.

1° Le microphone est en aluminium, du type des microphones à granules. Il se caractérise par les dispositions suivantes : deux plaques de charbon, destinées à recevoir les vibrations, sont disposées dans des couronnes filetées qui leur permettent d'occuper une position déterminée. Une masse de charbon placée entre les deux plaques est percée de part en part de trous fraisés à leurs extrémités, et c'est dans ces trous que sont placés les

(¹) Présentée dans la séance du 15 mai 1911.

granules. Ces granules reçoivent donc simultanément les vibrations perçues par les deux plaques.

Fig. 1.

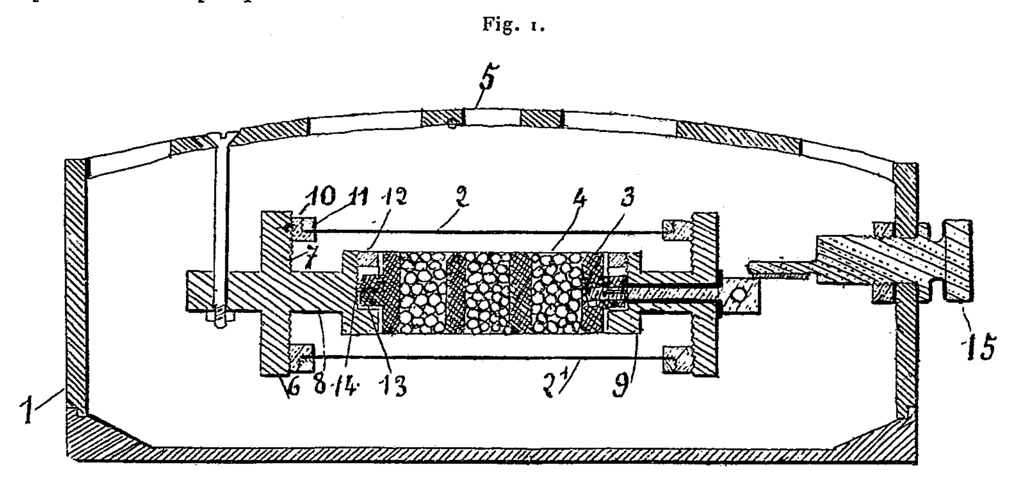
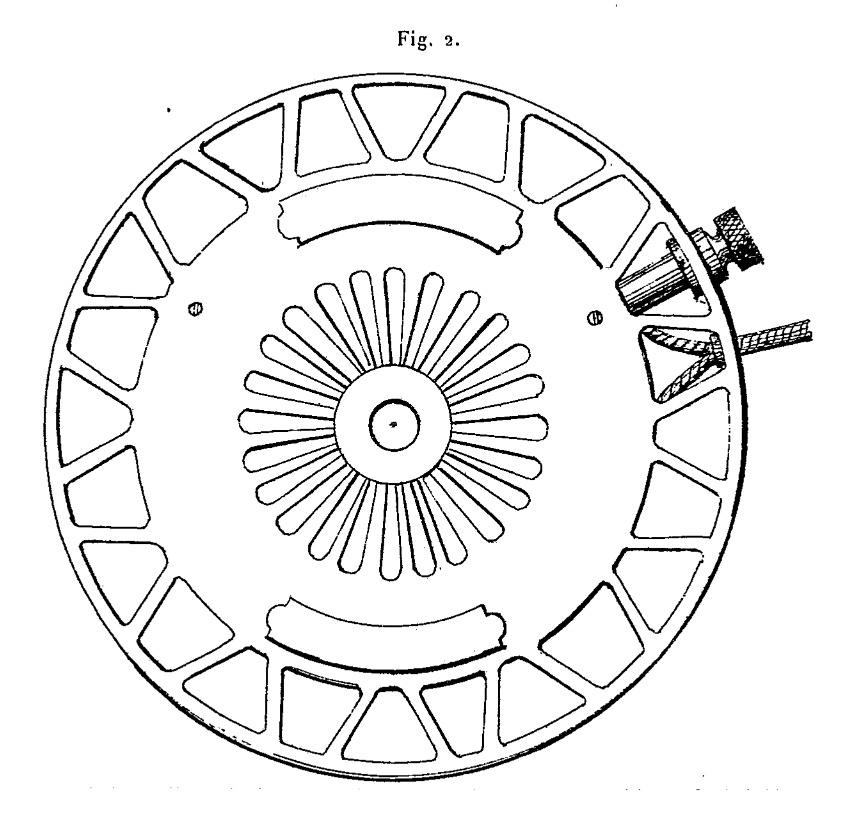


Fig. 2.



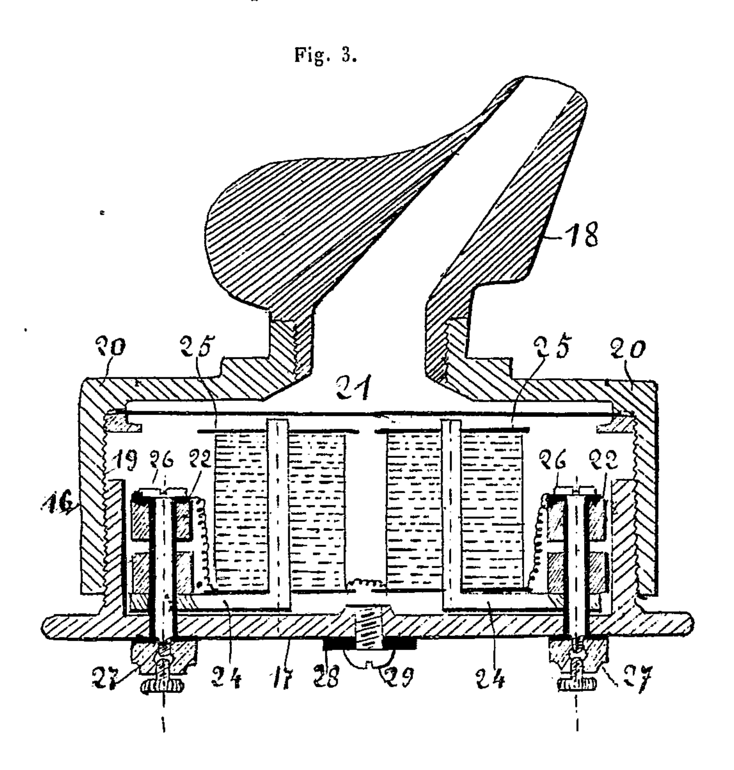
Le réglage précis du microphone s'obtient par les distances des plaques

au bloc de charbon au moyen du filetage de la boîte et de celui des couronnes porte-plaques.

Le microphone est fixé dans une caisse de résonance en ébonite.

2° Les récepteurs en aluminium sont du type Ader à aimant intérieur circulaire. Ils se différencient uniquement par leur mode de réglage. Étant donnés leurs dimensions et leur poids réduits ($0^{m},023$ sur $0^{m},010$; — 20^{g}),

Fig. 3.



on a dû, pour obtenir un rendement maximum, les constituer de la façon suivante. Une première partie est munie de deux filetages intérieurs. Dans l'un vient se fixer le cornet qui, épousant la forme du conduit auditif, dirige les vibrations vers le tympan en même temps qu'il maintient l'écouteur à l'oreille; dans l'autre est fixée au moyen d'une bague la plaque vibrante. La seconde partie, filetée extérieurement, porte fixés sur son fond les aimants, les noyaux et les bobines.

Pour obtenir un réglage précis, il suffit de visser ou de dévisser les deux parties l'une à l'autre.

3° Une pile choisie par sa constance relative complète l'appareil dont les parties constitutives sont reliées entre elles par un cordon conducteur.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques expériences sur le trachôme (conjonctivite granuleuse).* Note (¹) de MM. **Charles Nicolle**, **A. Cuénod** et **L. Blaisot**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons vainement cherché à donner pour le trachôme aux divers animaux de laboratoire et aux singes inférieurs. Sur ces derniers, avec plusieurs auteurs (Hesse et Römer, Bajardi, etc.), nous avons reconnu (²) une sensibilité certaine au virus trachomateux de l'homme, mais trop faible et trop variable pour qu'elle puisse être utilement mise à profit; les seules lésions qu'on observe chez les petits singes consistent en effet en des granulations d'aspect parfois assez typique, mais qui évoluent rapidement vers la guérison et qui demeurent toujours rares et isolées. Leur siège de prédilection est la paupière inférieure ; or, chez l'homme, l'un des caractères du trachôme consiste dans sa localisation élective au voisinage du cartilage tarse de la paupière supérieure. En outre, les singes inférieurs présentent assez souvent une conjonctivité folliculaire naturelle qu'il est parfois délicat de distinguer de lésions aussi frustes. Dans ces conditions, l'expérimentation sur les anthropoïdes s'imposait. L'infection de l'orang avait été réalisée par Halberstaedter et von Prowazek ; nous avons obtenu celle du chimpanzé.

I. *Reproduction expérimentale du trachôme chez le chimpanzé.*

Le 29 novembre 1910, avec le virus d'un enfant atteint d'un trachôme récent, non compliqué et non traité, nous inoculons le *chimpanzé* 1 aux deux paupières de l'œil droit par scarifications et à celles de l'œil gauche par inoculation intra-conjonctivale à la seringue.

Après une incubation de 8 jours et des deux côtés (mais avec une rapidité et une intensité plus grandes pour l'œil scarifié), nous avons observé le développement de granulations trachomateuses caractéristiques, rigoureusement identiques à celles de la maladie humaine. Elles ont atteint leur maximum d'intensité sur les paupières supérieures au niveau du rebord du cartilage tarse, dont la surface a été bientôt partiellement envahie. Elles se sont développées sans aucune réaction inflammatoire et sans sécrétion. Rien, les paupières non retournées, n'eût mis sur la voie du diagnostic.

En 15 à 20 jours, les lésions avaient envahi entièrement les conjonctives. Volumineuses, saillantes, succulentes et rouges au début de leur évolution, les granulations

(¹) Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

(²) C. Nicolle et A. Cuénod, *Reproduction expérimentale de la conjonctivite granuleuse chez le singe (Macacus)* (*Comptes rendus*, 6 mai 1907, p. 1001-1003).

ont commencé à se décolorer vers le 40e jour, puis elles ont subi une régression progressive à partir du 100e jour, plus précoce et plus accentuée du côté gauche, curetté à plusieurs reprises pour des prélèvements.

Au 160e jour, date à laquelle nous rédigeons cette Note, la plus grande partie de la muqueuse est débarrassée de ses granulations; celles-ci persistent nombreuses encore, mais affaissées et pâles au voisinage des cartilages tarses des deux côtés, la surface de ces organes est toujours partiellement envahie et le cartilage droit manifestement épaissi (sclérose); la paupière inférieure gauche paraît redevenue à peu près normale, la droite montre quelques groupes de granulations séparés par des espaces en apparence sains. La guérison totale demandera vraisemblablement encore quelques mois. Au cours de l'évolution de ces lésions, il n'y a jamais eu ni sécrétion, ni phénomènes inflammatoires, sauf pendant une période très courte du 80e au 100e jour et sans doute consécutivement à un traumatisme.

L'examen de frottis des granulations, pratiqué à plusieurs reprises, nous a permis de constater, à l'intérieur des cellules épithéliales, la présence des corps décrits par von Prowazek et Halberstaedter.

II. *Essais tentés pour vaincre la résistance des macaques.*

La rareté des chimpanzés rend les expériences sur ces animaux coûteuses et difficiles. Nous avons cherché de deux manières à vaincre la résistance des macaques :

1° *Par répétition des inoculations virulentes.* — Le résultat en a été négatif. Le *bonnet chinois* 1, inoculé par scarification, avec des virus humains récents les 30 janvier, 10 et 14 février, 9 mars, n'a montré que des granulations discrètes et éphémères;

2° *Par passage par le chimpanzé.* — *Bonnet* 2, *inoculé avec des lésions récentes.* — Les granulations en étaient au huitième jour de leur apparition lorsque nous en pratiquons l'inoculation aux quatre paupières du *bonnet* 2 : œil droit par inoculation intra-conjonctivale, œil gauche par scarifications. Incubation de 8 jours à 10 jours, lésions plus précoces et plus marquées du côté gauche (scarifié). Les résultats obtenus chez cet animal ont été infiniment supérieurs à ceux notés sur les bonnets chinois inoculés directement avec le virus humain : granulations plus nombreuses, plus saillantes et plus typiques, d'une durée plus longue, atteignant la paupière supérieure. Au cent cinquantième jour, elles sont encore en pleine évolution et forment aux paupières inférieures des deux côtés un semis de quinze à vingt grosses granulations, semblables individuellement aux éléments du chimpanzé et de l'homme, s'en différenciant cependant parce qu'elles demeurent isolées.

Bonnet 3, *inoculé avec des lésions moins jeunes*, prélevées au trente-sixième jour de leur évolution, alors que leur aspect est encore typique, mais qu'elles commencent à pâlir. Aucune réaction consécutive.

III. *Virulence du trachôme aux divers stades de son évolution.*

Le résultat négatif observé sur le bonnet 4 (et qui pourrait relever d'une moindre sensibilité individuelle) n'implique point que les lésions trachomateuses perdent rapidement leur virulence pour une espèce plus sensible.

Le *chimpanzé* 2, en effet, inoculé par scarifications aux deux paupières de l'œil

droit avec le virus du chimpanzé 1, prélevé au 108e jour du début des lésions, alors que les granulations avaient subi une régression notable et qu'elles étaient devenues aplaties et pâles, a contracté un trachôme typique : au 6e jour, rougeur et œdème; au 10e jour, éruption de granulations typiques, aucune sécrétion. L'évolution des lésions chez cet animal suivait exactement la même marche que chez le chimpanzé 1, lorsque la mort est survenue au 24e jour.

IV. *Conclusions.* — 1. Le bonnet chinois convient mal à l'étude expérimentale du trachôme, sa sensibilité au virus humain est trop faible et trop variable; la répétition des inoculations ne l'augmente pas.

2. Le chimpanzé offre une réceptivité parfaite; chez lui, les lésions ont le même type et la même marche que chez l'homme. Le début du trachôme et son évolution ne s'accompagnent ni de phénomènes inflammatoires, ni de sécrétion.

3. Un passage par chimpanzé augmente manifestement l'activité du virus pour le bonnet chinois, sans rendre cependant la maladie expérimentale de cet animal identique à l'humaine.

4. La meilleure méthode pour réaliser l'infection des singes est la scarification. Nul doute que chez l'homme le trachôme puisse s'inoculer à la suite du traumatisme le plus superficiel des conjonctives.

5. Le trachôme, chez le chimpanzé, est inoculable pendant une longue période au moins de son évolution; il est contagieux, à coup sûr, chez l'homme dans les mêmes conditions et non pas seulement au début ainsi qu'on l'a dit parfois.

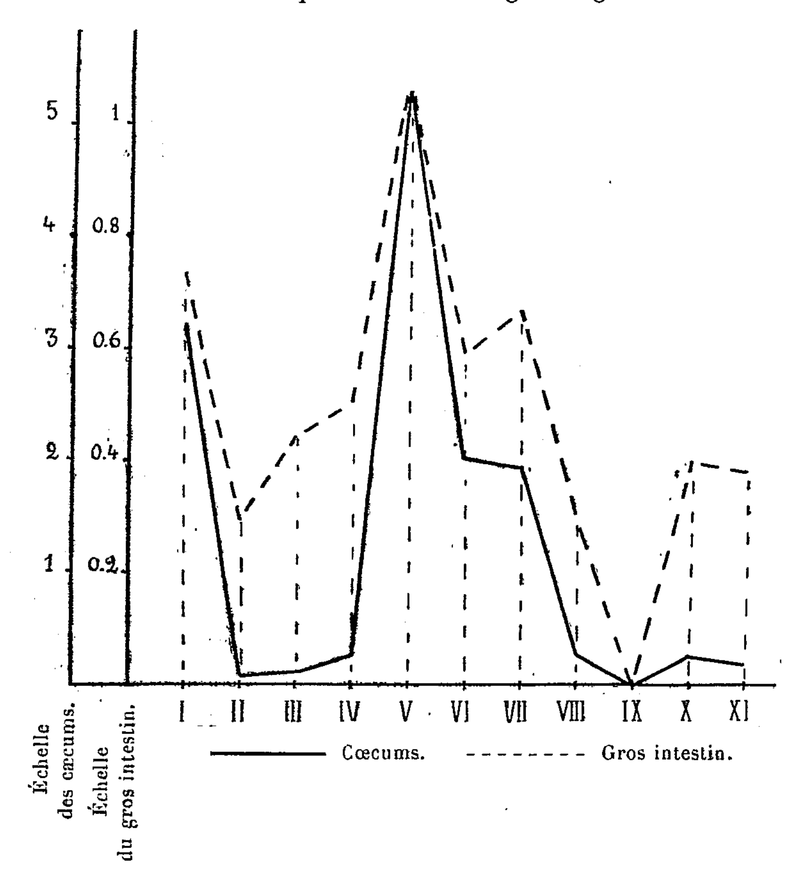
Caractère insidieux du trachôme à son début, longue contagiosité sont les données utiles qui ressortent déjà de nos expériences.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Influence du régime alimentaire sur le gros intestin et les cæcums des Oiseaux.* Note de M. **A. Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

Nous avons étudié les rapports de la longueur du gros intestin et de la longueur des cæcums à la longueur du corps chez 400 oiseaux. Nous résumons dans le Tableau suivant les résultats obtenus en effectuant les moyennes de ces rapports suivant les différents régimes.

Nombre des d'individus.	Désignation des régimes.	Poids moyens des individus.	Rapport de la longueur du gros intestin à la longueur du corps.	Rapport de la longueur des cæcums à la longueur du corps.
		g		
12...	I. Omnivores (Canards)...	2207,20	0,73	3,20
18...	II. Carnivores............	1722,30	0,29	0,06
13...	III. Carnivores piscivores...	1702,50	0,44	0,10
23...	IV. Piscivores............	806,80	0,51	0,27
27...	V. Granivores............	513,40	1,06	5,30
16...	VI. Carnivores insectivores.	374,80	0,59	2
26...	VII. Testacivores..........	269,70	0,67	1,90
10...	VIII. Omnivores (Corbeaux).	214,70	0,30	0,28
7...	IX. Frugivores............	152,30	0	0
44...	X. Insectivores...........	38,20	0,40	0,25
24...	XI. Granivores insectivores.	33,10	0,38	0,17

Il ressort de ce Tableau que c'est aux régimes granivore et herbivore



qu'appartient la plus grande quantité de gros intestin et de cæcums et que c'est aux régimes tirés de la faune qu'échoit la plus petite. On rendra le phénomène plus intelligible par le graphique ci-dessus. Sur la ligne des abscisses plaçons à intervalles égaux les onze régimes ci-dessus d'après leurs poids totaux décroissants. A chacun de ces points élevons une ordonnée sur laquelle nous porterons les quantités moyennes de gros intestin et de cæcums correspondantes. Si nous réunissons par une même ligne les points relatifs à chaque organe, on se rend compte de suite que le gros intestin et les cæcums varient dans le même sens. Les frugivores n'ayant pas de cæcums, il est impossible d'établir de démarcation entre l'intestin grêle et le gros intestin.

Faut-il penser que les régimes granivore et herbivore surchargent le tube digestif en matériaux inutiles qui mécaniquement distendent le gros intestin et allongent les cæcums, tandis que le régime carné, laissant peu de déchets, n'a par suite aucune action sur l'intestin et les cæcums qui s'atrophient.

A moins que la brièveté du gros intestin et des cæcums ne soit la conséquence du régime toxique qui provoque l'évacuation immédiate des résidus de la digestion, tandis que l'innocuité du régime végétarien favoriserait la stase et par suite l'allongement du gros intestin. La stase intestinale donnant lieu à des fermentations, les cæcums se développeraient en vue de neutraliser les toxines engendrées.

ZOOLOGIE. — *Relations entre les conditions climatériques et la fréquence des larves de l'Hypoderme du bœuf.* Note de MM. **N. Lehmann** et **C. Vaney**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une précédente Note, nous avons signalé que, pour une même année, les plus fortes proportions de peaux attaquées par les larves d'Hypoderme ou *varrons* se trouvent en juin et juillet. A cette époque de l'année, les gros Bovidés de pays tués aux abattoirs de Lyon proviennent presque exclusivement des régions d'élevage environnantes, où les conditions météorologiques sont sensiblement les mêmes que celles enregistrées à l'Observatoire du Parc de la Tête d'Or. Par suite de cet ensemble de circonstances favorables, il est possible d'examiner s'il existe des relations entre les données climatériques et les pourcentages de peaux varronnées.

Dans le Tableau suivant, nous comparons les pourcentages en peaux varronnées trouvées, de juin à août, pendant les trois années consécutives 1908, 1909 et 1910.

	1908.	1909.	1910.
	pour 100	pour 100	pour 100
Juin..................	20,90	11,98	13,55
Juillet................	16,99	14,53	13,33
Août.................	10,95	7,94	6,41

L'examen de ce Tableau nous montre deux séries de variations dans les maxima de pourcentage :

1° *Une variation de l'époque d'apparition du maximum.* En 1908, le maximum, qui atteint 20,9 pour 100, a apparu en juin; en 1910, les pourcentages de juin et juillet sont sensiblement les mêmes, quoi qu'il y ait un léger maximum en juin, et, en 1909, le maximum s'est produit en juillet.

2° *Une variation de l'importance de ces maxima.* En 1908, le maximum atteint près de 21 pour 100; en 1909, il est encore de 14,5 pour 100 et, en 1910, il fléchit jusqu'à 13,5 pour 100.

L'étude des conditions climatériques permet d'expliquer les causes de ces deux sortes de variations.

Le déplacement de l'époque du maximum est en relation avec l'apparition plus ou moins précoce des fortes chaleurs. En France, les périodes à grande quantité de varrons sont, dans le Midi, en avance d'un ou deux mois sur celles du Centre ou du Nord. Dans la région lyonnaise, l'année 1908 a été relativement sèche avec 11 jours de pluie en juin et 13 en juillet; la température moyenne en juin a été sensiblement la même que celle de juillet et a atteint 20°,2. Le mois de juin 1908 a donc été exceptionnellement chaud. En 1910, le mois de juin a été assez chaud, puisque sa température moyenne a atteint 18°,8 et a dépassé celle de juillet qui ne s'élevait qu'à 17°,9. Aux mois de juin 1910 et 1908, où la température moyenne était de 18°,8 et 20°,2, correspondent deux maxima de cuirs varronnés. En 1909, le mois de juin n'avait qu'une température moyenne de 16°,9, aussi le maximum de cuirs varronnés n'est apparu qu'en juillet par une température moyenne de 18°,5. Les larves d'Hypoderme paraissent atteindre leur complète maturité lorsque la température moyenne dépasse 18°.

Un été précoce active la maturation et la sortie des varrons et reporte en juin le maximum des cuirs varronnés observés dans la région lyonnaise.

En août, les cuirs varronnés par des larves retardataires encore incluses dans la peau représentent sensiblement les 50 pour 100 de ceux remarqués pendant la période maximum.

La question la plus intéressante est celle qui a rapport aux variations de valeur des maxima, car elle est en relation directe avec les conditions de

ponte et de dissémination des Hypodermes; elle peut aussi nous fournir quelques indications sur la biologie de ces mouches. Nous comparerons surtout les années 1908 et 1910 où les maxima de pourcentages sont bien différents: 20,9 en 1908 et 13,55 en 1910. Les varrons constatés une année proviennent d'œufs déposés en juillet-août de l'année précédente. Ce sont les conditions climatériques de 1907, qui ont eu un retentissement sur la génération de varrons de 1908 et celles de 1909, qui ont amené l'amoindrissement du pourcentage constaté en 1910.

Or, en 1907, fin juillet, la température moyenne a oscillé entre 18°,6 et 22°,6; en août, cette température moyenne est de 20°,7. Pendant cette même période, la sécheresse a été assez grande, car, du 11 au 20 juillet, il n'y a pas eu de pluie et du 21 au 11 août la hauteur totale de l'eau tombée a été de 6^{mm},2, c'est-à-dire presque nulle. Le soleil était très ardent dans le courant de la journée, car les maxima de température constatés à l'air libre oscillaient entre 36° et 41°. Cet été sec et chaud de 1907 a été très favorable pour la ponte des Hypodermes; c'est pourquoi nous avons relevé 21 pour 100 de peaux varronnées en 1908.

Tout autres ont été les conditions climatériques en 1909. Le mois de juin 1909, avec une température moyenne de 16°, a été relativement froid; en juillet, la température s'est élevée à 18°,5 et, en août, elle a atteint 19°,2. Les températures moyennes de cette période de l'année ont été bien plus basses que celles correspondantes de 1907. De plus, les journées pluvieuses, en juillet-août 1909, ont été plus nombreuses et les chutes de pluie beaucoup plus importantes qu'en 1907. Les maxima de température observés dans le courant de la journée n'atteignent pas 36°,6 du 1er au 20 août 1909, tandis qu'à cette même époque, en 1907, on relevait des maxima de température dépassant 41°. L'Hypoderme, qui vole dans les pâturages par des journées fortement ensoleillées, n'a pas trouvé, en 1909, des conditions bien favorables pour effectuer sa ponte; aussi, l'année suivante, nous ne constatons que 13,55 pour 100 de peaux varronnées.

En juillet-août 1908, les conditions climatériques ont été intermédiaires à celles de 1907 et de 1909; aussi nous constatons, en 1909, 14,53 pour 100 de peaux varronnées, nombre compris entre les pourcentages de 1908 et de 1910.

En résumé, dans la région lyonnaise, *un été sec et chaud, pendant les mois de juillet et août, favorise la ponte des Hypodermes; il est suivi d'une année à forts pourcentages de peaux varronnées*.

ZOOLOGIE. — *Sur la fécondité des Cochylis.* Note de M. **Maisonneuve**, présentée par M. Edmond Perrier.

Au moment où une inquiétante invasion de Cochylis menace de nouveau le vignoble français, il m'a paru intéressant de rechercher par quelques dissections quelle pouvait être la fécondité de ces petits parasites de la vigne.

La Cochylis a, comme on le sait, deux générations par an. On a été parfois surpris de constater qu'à un nombre relativement restreint de papillons, apparus au printemps, succède une armée de larves assez nombreuses pour détruire une grande partie des grappes florales; ou bien que la génération de printemps étant peu importante, celle d'été, qui en est la suite immédiate, se montre d'une extrême abondance et produit dans les vignobles un véritable désastre, alors qu'on espérait éviter le fléau.

J'ai pensé que la dissection de l'appareil génital de ces insectes pouvait jeter quelque lumière sur ces faits en apparence contradictoires et qui déroutent complètement les viticulteurs.

Généralement, on admet d'après des observations de pontes obtenues dans des boîtes ou des cages d'élevage qu'une femelle donne de 30 à 40 œufs en moyenne.

Or la dissection de papillons femelles, n'ayant pas encore pondu, faite il y a quelques jours (14 mai), m'a montré que les tubes ovariens, au nombre de 6 disposés symétriquement, 3 par tiroir, contenaient chacun une vingtaine d'œufs, soit 120 pour l'ensemble.

Ces œufs étaient à des degrés différents de maturité; les 10 ou 12 premiers, séparés les uns des autres comme les grains d'un chapelet, paraissaient prêts à être pondus; les suivants de moins en moins gros et de moins en moins séparés, mais encore facilement reconnaissables, se continuaient par une réserve protoplasmique non encore différenciée, remplissant toute la partie terminale du tube ovarien.

Cette réserve est destinée, selon toute apparence, à donner de nouveaux germes, si les circonstances de milieu, la température, sont favorables à leur évolution.

Je suis donc porté à croire que le nombre total d'œufs que peut produire une femelle de Cochylis est assez variable, qu'il est considérable, dépasse même le chiffre donné plus haut, si les conditions biologiques sont avantageuses, plus restreint si elles sont contraires.

Dans tous les cas, la constatation d'œufs nettement formés, au nombre

de 120, explique l'extraordinaire multiplicité des vers, soit dès la première, soit à la seconde génération, alors même que le nombre des papillons paraisse assez faible.

Si l'on suppose une femelle pondant, en mai 120 œufs, d'où sortiront par conséquent 120 larves, chacune de celles-ci fournira en juillet un papillon, soit 120 papillons.

Ceux-ci se partageant généralement par moitié en mâles et femelles, nous aurons ainsi 60 femelles qui, si elles donnent chacune 120 œufs, fourniront une génération de 7200 larves ($120 \times 60 = 7200$). Voilà donc ce que donnera en été un seul papillon femelle du printemps. Si nous faisons le calcul pour 10 femelles, nous aurons 72000 et, si nous l'établissons pour 100, nous arriverons au chiffre de 720000.

On voit donc qu'il suffit de quelques papillons qui échappent à la destruction pour donner naissance en très peu de temps à une formidable population.

BACTÉRIOLOGIE. — *De l'influence de l'agitation sur le développement du* Bac. anthracis *cultivé en milieu liquide*. Note de M. **Adrien Lucet**, présentée par M. Chauveau.

En présence du rôle important que joue, dans le développement des larves de certains animaux marins, l'agitation artificielle des eaux dans lesquelles on en poursuit l'élevage et des changements que pareille agitation apporte à la manière d'être du *Bac. tuberculosis* cultivé en bouillon, je me suis demandé s'il n'y aurait pas là un moyen d'action ayant en Bactériologie une portée générale et capable, notamment, de modifier le *Bac. anthracis* dont, justement, l'aspect dans les cultures liquides diffère de celui qu'il revêt dans le sang circulant des sujets atteints de charbon.

Effectuées à l'aide d'un appareil rotatif vertical à décentration pouvant recevoir une carafe de Borrel et actionné par une petite turbine, mes recherches ont donné des résultats intéressants.

I. Le 10 décembre 1910, une carafe de Borrel contenant 100^{cm^3} de bouillon Martin, dilué par moitié avec de l'eau distillée, est ensemencée avec une culture de 48 heures, puis soumise, durant 5 jours, à la température du laboratoire, à une action rotative lente, qui imprime, au liquide nutritif accumulé à sa partie déclive, un mouvement de glissement régulier.

Un ballon témoin, renfermant une égale quantité de semblable bouillon, est ensemencé de même et laissé au repos à la température identique.

Le 15 décembre, la culture en mouvement est laiteuse et presque exclusivement composée de courts bacilles légèrement granuleux. Quelques-uns seulement montrent de petites spores.

L'autre, limpide, renferme des bacilles filamenteux presque tous bien sporulés.

De chacune d'elles préalablement secouées, pour répartir dans toute leur masse les microbes qu'elles renferment, 30^{cm^3} sont prélevés et centrifugés. Or, pendant que la culture au repos donne un dépôt bacillaire n'atteignant pas $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, la culture agitée qui, pour se clarifier, exige un temps triple, fournit un culot de plus de $\frac{3}{10}$ de centimètre cube.

II. Le 16 décembre, des cultures de deuxième génération donnent en 9 jours des différences encore plus nettes.

Alors qu'après centrifugation le culot de la culture témoin reste au-dessous de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, celui de la culture en mouvement dépasse $\frac{4}{10}$ de centimètre cube. D'autre part, tandis que les bacilles de la première sont longs et bien sporulés, ceux de la seconde n'ont qu'un ou deux articles et ne montrent que des spores rares apparaissant comme de fines granulations à peine réfringentes.

En présence de ces résultats, je recherche si la richesse des cultures en milieu rotatif et l'aspect de leurs bacilles sont bien dus au seul mouvement imprimé au bouillon ou, au contraire, à son aération du fait de l'agitation à laquelle il est soumis. L'expérience démontre que la première hypothèse est la vraie.

III. Le 25 décembre, avec une goutte de la culture témoin ci-dessus, j'ensemence : A, un ballon témoin; B, une carafe placée dans l'appareil rotatif; C, un ballon dans le bouillon duquel, sous l'action d'une trompe à eau marchant lentement, barbote un courant d'air, au préalable saturé d'humidité afin d'éviter l'évaporation du milieu nutritif; D, un flacon plat, à toxine, où, à l'aide d'un dispositif similaire, circule à la surface du bouillon de l'air constamment renouvelé.

Pour tous, les conditions de milieu et de température sont comme précédemment.

Après 7 jours, les cultures A, C et D montrent des bacilles filamenteux riches en spores. Ceux de B sont courts et peu sporulés. Secouées, puis réparties en quantités égales dans des tubes à essai de même calibre placés au repos, A et D se clarifient vite, C plus lentement et B seulement en plusieurs heures. Enfin, 30^{cm^3} de chacune d'elles donnent, centrifugés, un culot d'à peine $\frac{1}{10}$ de centimètre cube pour A et D; de $\frac{1}{10}$ pour C et de $\frac{5}{10}$ pour B.

Cette action, tout à la fois favorisante et modificatrice de l'agitation continue sur l'abondance et la morphologie du *B. anthracis* cultivé en milieu liquide, est encore, dans le même bouillon, plus accusée quand les cultures ont lieu à 37°.

IV. Le 9 janvier, avec une culture ordinaire de 24 heures dont $\frac{1}{2}$ centimètre cube tue en 3 jours, sous la peau, un lapin de $2^{kg},240$, j'ensemence : A, un ballon témoin;

B, un autre dans lequel barbote un courant d'air humide; C, une carafe placée dans l'appareil rotatif.

Le 12, A a l'aspect habituel. Après agitation, 15^{cm^3} en sont prélevés et centrifugés. Clarifiés en une demi-heure, leur dépôt égale environ $\frac{1}{10}$ de centimètre cube. D'autre part, 30^{cm^3} dans un tube d'essai s'éclaircissent d'eux-mêmes en 3 heures. Enfin, ses bacilles sont longs et bien sporulés.

B est très trouble et demande $1^h 15^m$ de centrifugation pour donner un culot de $\frac{2}{10}$ de centimètre cube. Au repos, en tube d'essai, elle s'éclaircit en 24 heures. Épais, ses éléments microbiens forment des écheveaux riches en spores.

Chyleuse, la culture C centrifugée exige plus de 2 heures pour fournir un dépôt de $\frac{5}{10}$ de centimètre cube et l'examen microscopique de la couche liquide supérieure montre que tous les bacilles ne sont pas précipités. En tube à essai, elle ne se clarifie qu'après 48 heures. Les bacilles sont courts, en bâtonnets de 2 articles, rarement 3 et, granuleux, n'ont que de petites spores.

Cette manière d'être du *B. anthracis* cultivé en bouillon soumis à une agitation constante, s'accentue davantage dans les cultures successives. Une dixième génération ne présente plus que de courts bâtonnets dont les spores, à peine distinctes des granulations protoplasmiques, ne sont nettement mises en évidence que par le chauffage à 65° qui permet des réensemencements positifs.

Toutefois, la virulence ne semble pas modifiée, car $\frac{3}{10}$ de centimètre cube de dixième génération agitée de la souche ayant servi à l'expérience IV, tue encore en effet, en 3 jours et sous la peau, un lapin de $2^{kg},670$.

De ces recherches il résulte donc que pareille agitation tend à faire prendre au *B. anthracis* la forme qu'il revêt dans le sang et augmente le rendement de ses cultures.

Ultérieurement je rechercherai si elle ne favorise pas aussi la production des endotoxines et leur mise en liberté dans les bouillons de culture, action qui, en raison de certaines particularités que j'ai relevées, semble en effet réelle.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Développement d'une substance neutralisante dans le cerveau des Mammifères.* Note de M. **A. Marie**, présentée par M. E. Roux.

L'étude d'un albuminoïde isolé par nous ([1]) de la substance cérébrale des Mammifères nous a révélé parmi ses propriétés celle très intéressante

([1]) *Comptes rendus*, t. 149, p. 234, et t. 150, p. 1775.

de rendre inactif le virus de la rage, comme le ferait le sérum d'un animal vacciné contre elle. Rappelons que la préparation de cette substance neutralisante repose essentiellement sur un traitement approprié de la matière nerveuse par l'acide acétique ; on obtient finalement un nucléoprotéide, et la substance active entraînée par lui peut être isolée en précipitant celui-ci par NaCl.

L'intérêt qui s'attache aux questions touchant l'immunité nous a conduit à poursuivre l'étude de cette substance, à rechercher notamment ce que deviennent ses propriétés spécifiques chez des animaux ayant succombé à la rage, ainsi que chez ceux vaccinés contre elle. Nos travaux, qui ont porté sur plus de 80 expériences, concordent tous pour révéler le fait suivant, extrêmement suggestif : le pouvoir neutralisant de cette substance isolée du cerveau, assez faible chez l'animal neuf, augmente chez celui qui a succombé à l'infection rabique, et acquiert une énergie considérable chez les animaux vaccinés contre la rage. Ainsi, tandis que la substance extraite du cerveau de lapins neufs rend inactif environ deux fois son volume d'une émulsion centésimale de virus fixe, on voit la même quantité de cet albuminoïde préparé avec la substance nerveuse de lapins rabiques neutraliser déjà 5 volumes de la même dilution virulente. Mais du cerveau des animaux vaccinés on peut isoler un albuminoïde autrement actif; en voici quelques exemples :

Un mouton traité depuis plusieurs années par des injections hebdomadaires de virus fixe a fourni un extrait cérébral dont 1 partie neutralisait 15 parties de l'émulsion virulente; chez un autre animal, nous avons pu isoler du cerveau la même substance douée d'une énergie surprenante, puisqu'elle neutralisait jusqu'à 40 fois son volume de la dilution de virus; le sérum de ces deux moutons était extrêmement actif.

Ces faits soulèvent plus d'une question intéressante. Et d'abord, quelle est cette substance neutralisante? Est-ce elle qui confère au sérum des animaux vaccinés son pouvoir antirabique?

A voir l'action réelle, mais faible, de cette substance neutralisante extraite du cerveau d'animaux neufs dont le sérum est tout à fait inactif, à constater le développement que prend cet anticorps chez l'animal rabique, l'énergie considérable que peuvent acquérir ses propriétés neutralisantes chez les animaux vaccinés contre la rage, l'impression première est que cet anticorps, localisé d'abord dans certains groupements cellulaires du cerveau, finit par passer dans les humeurs et dans le sang, au cours de l'immunisation. Toutefois la preuve de l'identité des deux anticorps, celui du cerveau et celui du sang, semble difficile à fournir.

En tout cas, ces faits nous paraissent susceptibles d'expliquer certaines particularités intéressantes.

On sait que le sang des animaux rabiques a été reconnu virulent dans de très rares cas; cette rareté ne tiendrait-elle pas au passage de l'anticorps cérébral dans les humeurs? Mais un autre phénomène serait inexplicable sans le développement de cette substance.

Quand on trépane des animaux vaccinés, la plupart d'entre eux prennent la rage, bien que leur sérum soit très actif; quelques-uns résistent à cette épreuve : chez eux la cellule nerveuse est pour longtemps immunisée, et le virus introduit dans le cerveau paraît bien se trouver détruit au sein du protoplasma. N'est-il pas judicieux d'admettre que l'anticorps normal, impuissant, chez l'animal neuf ou insuffisamment vacciné, à s'opposer longtemps à la culture du virus rabique, s'est, au cours de l'immunisation, développé au point de devenir efficace au sein du neurone cérébral même?

Dans quels éléments de la substance nerveuse se trouve formé l'anticorps? est-ce dans la cellule nerveuse seule, ou bien aussi dans les éléments de la névroglie? Question insoluble : toutefois, nous pouvons dire que de la substance blanche nous avons pu isoler un albuminoïde actif, moins cependant que le mélange des deux substances du cerveau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés oxydasiques de l'oxyhémoglobine.* Note de M. **Éloy de Stœcklin**, présentée par M. L. Maquenne.

On ne connaît jusqu'ici à l'hémoglobine qu'un rôle physiologique certain : celui de porteur d'oxygène. C'est même à ce rôle exclusif que certains auteurs, tels Palladin ([1]) et Bredig ([2]), inspirés par des considérations plus théoriques que pratiques, voudraient limiter les fonctions actives du pigment sanguin.

Cette opinion paraît un peu trop excessive. En effet, nous avons montré dernièrement, J. Wolff et moi ([3]), que l'oxyhémoglobine possède des propriétés peroxydasiques indiscutables.

Guidé par les beaux travaux de J. Wolff ([4]) sur les enzymes oxydants et

([1]) Palladin, *Hoppe Seyler's Zeitsch.*, 1908, p. 221.
([2]) Bredig, *Anorganische Fermente*, 1901, p. 87.
([3]) J. Wolff et E. de Stœcklin, *Ann. Inst. Pasteur*, 1911, p. 313.
([4]) J. Wolff, *Thèse*. Paris, avril 1910.

par les recherches subséquentes que j'ai faites en collaboration avec lui (¹) sur le mécanisme des oxydations catalytiques, j'ai été amené à considérer les phénomènes peroxydasiques comme un cas particulier des phénomènes oxydasiques (²). Je considérai que j'obtiendrais une première indication en faveur de cette thèse si je parvenais à montrer que l'oxyhémoglobine qui peut fonctionner comme peroxydase est également en état de produire des effets oxydasiques similaires.

A vrai dire, Lumière et Chevrotier (³) ont déjà signalé les propriétés oxydasiques de certains éléments du sang; mais le produit qu'ils ont fait agir sur les phénols est formé du contenu complexe des leucocytes et des hématies, de sorte qu'on pourrait être tenté d'attribuer les phénomènes oxydasiques observés par ces auteurs aux enzymes oxydants notoirement contenus dans les leucocytes.

Reprenant ces expériences, j'ai pu vérifier leur exactitude en faisant agir le produit sanguin fraîchement préparé comme l'indiquent Lumière et Chevrotier sur une solution de pyrogallol. Je n'ai, par contre, pas réussi à obtenir les effets oxydants cherchés en me servant de l'hémoplase vieille de cinq mois que M. Lumière a bien voulu mettre à ma disposition.

Partant de ces données, j'ai cherché à isoler l'élément oxydasique du mélange complexe formé par le contenu des globules sanguins.

Je déterminai tout d'abord que le pouvoir oxydasique est lié au contenu des globules rouges. A cet effet, après avoir dûment lavé et centrifugé à plusieurs reprises des globules de sang de chien, je retirai du culot sanguin la pellicule leucocytaire qui se trouvait à la surface, puis, atteignant les couches profondes au moyen d'une pipette, je prélevai la moitié environ de la purée globulaire, formée presque exclusivement d'hématies. Les globules ainsi recueillis sont placés dans de l'eau distillée où ils s'hémolysent. On filtre alors le liquide au travers d'une bougie et l'on obtient une liqueur exempte de stromas qui se montre aussi active vis-à-vis des phénols que celle qu'on obtient en traitant de la même manière un mélange de globules blancs et rouges. L'oxyhémoglobine cristallisée, seule, ne donne pas ces résultats.

Reprenant le liquide sanguin extrait des globules rouges comme il vient d'être dit, je le filtrai au travers d'un sac en collodion. Je recueillis ainsi 6^{cm^3} à 8^{cm^3} d'un liquide incolore à réaction alcaline vis-à-vis de l'orangé.

Bien qu'inactif par lui-même, ce liquide, associé à l'oxyhémoglobine pure, confère à celle-ci la propriété d'oxyder le pyrogallol. J'ai pu constater que le produit final de la réaction est bien la purpurogalline.

(¹) J. Wolff et E. de Stoecklin, *Ann. Inst. Pasteur*, novembre 1909.

(²) Je me réserve de développer cette idée dans un prochain Mémoire.

(³) Lumière et Chevrotier, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 142.

Ne pouvant pousser plus loin la filtration, je soumis à la dialyse le liquide resté dans le sac en collodion. Les sels et la substance pigmentaire passèrent dans l'eau, tandis que je recueillis dans le dialyseur une matière albumineuse en solution colloïdale incolore. Ce dernier produit est non seulement exempt de tout pouvoir oxydasique, mais il est incapable de réactiver l'oxyhémoglobine, à moins qu'on ne lui restitue des sels basiques.

C'est donc aux substances basiques contenues dans les globules rouges qu'est dû le pouvoir oxydasique de l'hémoglobine.

J'en eus la confirmation directe par l'expérience suivante :

A 8^{cm^3} de pyrogallol à 5 pour 100 en solution citrique à 5 pour 100, on ajoute goutte à goutte de la soude titrée jusqu'au virage à l'alcalinité au tournesol, puis on introduit dans ce liquide 2^{cm^3} d'oxyhémoglobine à 2 pour 100; on agite et on laisse reposer quelques heures; on filtre alors, on lave plusieurs fois le précipité à l'eau distillée très froide. On reprend enfin le dépôt resté sur le filtre par de l'eau bouillante. On ajoute alors au liquide refroidi une trace d'ammoniaque qui donne avec la purpurogalline passée dans la solution une belle coloration d'un bleu intense.

De ce bref exposé, je ne veux pour l'instant que retenir ceci : sans vouloir préjuger des autres éléments du sang qui peuvent fonctionner comme oxydase, il n'est pas douteux que l'oxyhémoglobine possède, pour son compte propre, des propriétés catalytiques oxydasiques à côté et en même temps que des fonctions peroxydasiques indiscutables.

A ce propos M. Wolff m'autorise à signaler une expérience inédite que j'ai vérifiée à mon tour, à savoir qu'en présence de sels basiques (phosphate disodique) la peroxydase des jeunes pousses d'orge ajoutée à du pyrogallol fournit à la longue, par agitation, de beaux cristaux de purpurogalline; elle fonctionne donc en l'occurrence comme l'oxyhémoglobine, c'est-à-dire comme une oxydase.

Si l'on rapproche ces faits de ceux que Wolff a mis en lumière au sujet de son oxydase-peroxydase artificielle, on conviendra que, vis-à-vis des phénols, ces deux termes d'un même phénomène sont bien près de se confondre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la chaleur sur l'émulsine.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Arthur Compton**, présentée par M. L. Maquenne.

L'amygdaline peut être considérée comme résultant de l'union du nitrile de l'acide mandélique (ou phénylglycolique) gauche avec un disaccharide analogue au maltose.

Traitée par l'extrait diastasique d'amandes douces ou émulsine, elle subit une hydrolyse totale : non seulement le nitrile est séparé, puis décomposé en aldéhyde benzoïque et acide cyanhydrique (¹), mais le disaccharide lui-même est scindé en deux molécules de glucose ordinaire.

Cette décomposition exige certainement la présence de deux diastases hydrolysantes dans l'émulsine, car elle peut être réalisée en deux temps distincts. Si, en effet, comme l'a montré E. Fischer, on fait agir la macération aqueuse de levure sur l'amygdaline, on n'obtient qu'une hydrolyse partielle : une seule molécule de glucose est séparée et il reste du mandélonitrilglucoside (²).

En admettant le nom d'*amygdalose* pour le disaccharide engagé dans l'amygdaline et en se conformant à la nomenclature habituelle des diastases, on peut dire que la macération de levure renferme de l'*amygdalase*, active seulement vis-à-vis du disaccharide, tandis que l'émulsine contient, en outre, de l'*amygdalinase*, capable de séparer le nitrile de la molécule sucrée.

Les expériences concernant l'action de la chaleur sur l'émulsine, dont nous donnons aujourd'hui les résultats, ont été faites en tenant compte de cette manière de voir.

En outre, comme nous avions l'intention de comparer les résultats obtenus avec ceux fournis antérieurement par l'étude de la cellase des amandes (³), nous avons, d'une part, opéré avec la même préparation diastasique, d'autre part, réalisé des conditions équivalentes de concentration en diastase et en substance hydrolysable (⁴).

La figure 1 représente les résultats donnés par l'amygdalinase dans quatre séries d'expériences. On y voit, d'après les dosages d'acide cyanhydrique, les proportions de glucoside dédoublé en 15 heures à différentes températures.

La figure 2 représente les résultats attribuables à l'amygdalase dans les mêmes séries d'expériences. Ces résultats ont été calculés d'après le pouvoir réducteur, en supposant la mise en liberté de deux molécules de glucose par molécule d'amygdaline.

(¹) La décomposition du nitrile, qui s'effectue déjà spontanément au sein de l'eau, serait accélérée, d'après Rosenthaler (*Biochem. Zeits.*, 1908 et 1909), par une diastase particulière.

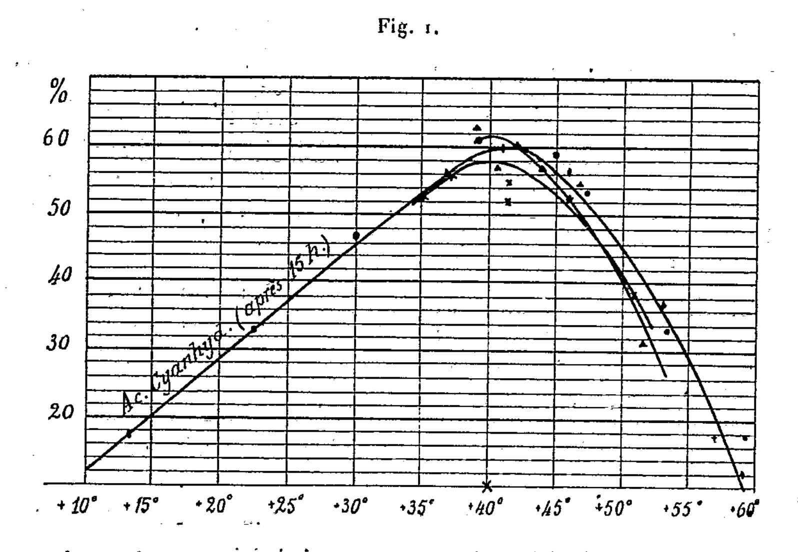
(²) *Ber. d. chem. Ges.*, t. 28, 1895, p. 1508.

(³) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1076.

(⁴) Les détails seront publiés dans un autre Recueil.

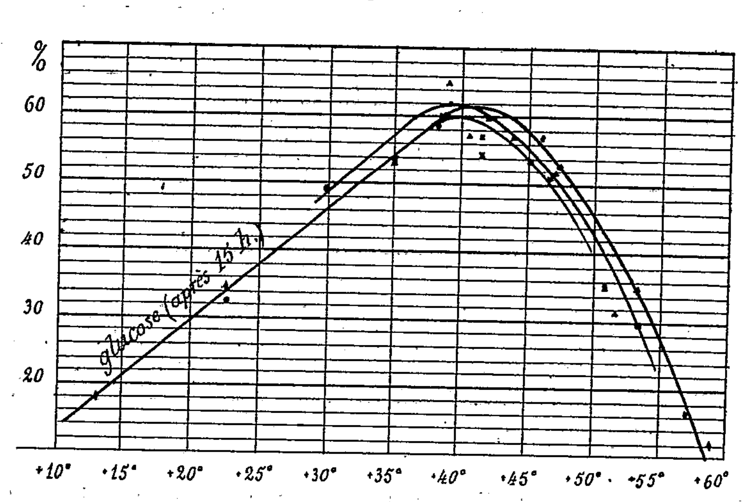
Ces deux figures sont presque superposables. Elles montrent que, dans les circonstances où nous sommes placés, l'amygdalinase et l'amygdalase

Fig. 1.



se comportent à peu près de la même manière sous l'influence de la chaleur;

Fig. 2.



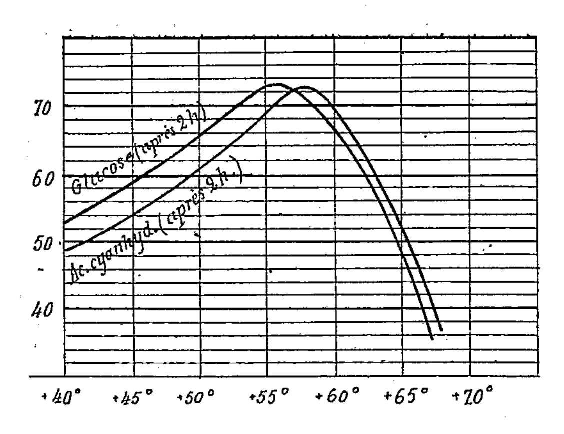
les deux diastases ont leur maximum d'activité au voisinage de + 40°. Nous avions trouvé + 46° environ dans le cas de la cellase (¹).

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1076.

La superposition des deux figures disparaît si, au lieu de maintenir 15 heures au bain-marie les mélanges en réaction, on limite la durée des expériences à 2 heures (en prenant plus de diastase, 3^{mg} au lieu de 1^{mg}, pour que les proportions de glucoside dédoublé restent mesurables).

La figure 3 résume les résultats obtenus dans ces nouvelles conditions. Les courbes de l'amygdalinase et de l'amygdalase y sont nettement distinctes : la première avec un maximum d'activité voisin de + 58°, et la seconde de + 56°.

Fig. 3.



Lorsqu'on étudie l'influence de la température sur la vitesse d'action d'une diastase, on oublie presque toujours que l'action destructrice de la chaleur, s'exerçant dès le début et se continuant pendant toute la durée de l'expérience, n'est pas rigoureusement proportionnelle au temps ; on enregistre alors la température trouvée la plus favorable comme une constante caractéristique, tandis que c'est une valeur variable, d'autant plus haute, en général, que l'expérience est plus courte.

Les résultats rapportés ici montrent, pour deux diastases de la même origine, combien peut varier la température optima dans des expériences dont la durée est différente et font ressortir la nécessité d'indiquer, dans l'avenir, toutes les circonstances dans lesquelles cette importante détermination a été effectuée.

Ayant été obtenus dans des conditions aussi comparables que possible, ces résultats fournissent un argument en faveur de l'individualité des deux diastases, ou fonctions diastasiques, confondues généralement sous le nom d'*émulsine;* ils apportent, de plus, une preuve nouvelle de la différence existant entre ces diastases et celle qui hydrolyse le cellose.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur le rôle de la force biologique dans l'évolution de la surface terrestre.* Note de M. **Stanislas Meunier**.

Il n'y a aucune exagération à dire que l'entrée en jeu de la force biologique dans le concert des activités qui assurent la stabilité des harmonies terrestres, a donné un caractère tout nouveau à l'évolution de la surface planétaire. Dès ce moment, en effet, la plupart des phénomènes superficiels ont pris une allure spéciale et, qu'il s'agisse d'érosions ou de sédimentations, l'influence de la vie s'y est fait sentir d'une manière prépondérante.

Que l'on considère l'action de la mer ou des eaux de pluie, ruisselant vers le sol, ou des rivières et des ruisseaux, ou du vent lui-même, les êtres vivants apparaissent comme des modificateurs puissants du résultat. En outre, les organismes ont mis en cause une chimie tout entière interdite aux forces purement physiques. Ils ont su faire réagir mutuellement l'eau et le gaz carbonique pour engendrer les roches charbonneuses; absorber directement l'azote atmosphérique pour en former de l'acide azotique et de l'ammoniaque; réduire les sulfates pour en dégager l'hydrogène sulfuré et le soufre lui-même, comme on le voit dans les sources chaudes des Pyrénées; décomposer les silicates pour en enlever la silice qu'ils incorporent dans leurs frustules, dans leurs carapaces et dans leurs spicules et libérer l'hydrate d'alumine sous la forme de latérite; remettre en circulation des oxydes métalliques que les actions purement minérales laisseraient inattaqués; fabriquer du calcaire au moyen du sulfate de chaux dissous dans la mer et constituer ainsi des massifs de roches atteignant le volume de continents tout entiers, etc.

Or il paraît légitime de rattacher cette activité dans les travaux et cette variété dans les produits à l'ubiquité dont jouit la vie à la surface du globe; ubiquité qui est sans doute plus réelle encore qu'on ne se l'imagine ordinairement. A la suite des résultats merveilleux des explorations encore si récemment inaugurées des abîmes de la mer, on a reconnu que la masse totale des océans n'est qu'un immense réceptacle de vie. On a dressé le catalogue, non pas seulement des innombrables formes animales et végétales qui s'y rencontrent, mais encore celui des diverses catégories de gisements qu'y affectent les centres d'énergie biologique. Et c'est ainsi que la distinction si féconde du benthon, du necton et du plankton a été nettement précisée. Par comparaison, on a fait sur la distribution des organismes dans

les régions exondées, des remarques correspondantes et l'atmosphère s'est prêtée, à cet égard, aux mêmes distinctions que l'hydrosphère (ensemble de la mer et des eaux douces de toutes catégories). L'atmobenthon, l'atmonecton et l'atmoplankton sont aussi légitimement caractérisés que leurs correspondants des régions submergées. Par surcroît, il importe de remarquer que la vie n'habite pas seulement les deux océans aqueux et aérien seuls considérés d'ordinaire, mais qu'elle trouve également un domicile qui comporte des études analogues, dans le milieu biologique lui-même. Si l'on réfléchit à l'immense volume total des êtres qui constituent la faune et la flore, il n'apparaît pas en disproportion évidente avec celui de l'océan lui-même ou de l'atmosphère. Et si, par la pensée, on substitue à la série des animaux et des plantes un seul être vivant qui les comprendrait tous, on arrive à la conception d'un milieu, d'une zoésphère, dans le sein de laquelle pullulent des légions d'organismes, parasites, commensaux, symbiotes, qui se répartissent comme d'eux-mêmes en un zoébenthon, un zoénecton et un zoéplankton réalisant, dans la masse vivante qui les nourrit, des travaux comparables à ceux que les animaux et les végétaux généralement considérés, produisent dans l'air et dans l'eau.

L'apparition de la vie sur la Terre n'a pas seulement ajouté des outils à ceux qui travaillaient déjà. Elle a déterminé en outre, pour sa part, la constatation d'un milieu comparable à ceux qui existaient et elle s'y est associée aussi intimement qu'ils l'étaient depuis longtemps l'un avec l'autre.

PALÉOGÉOGRAPHIE. — *La France occidentale à l'epoque stampienne.* Note de M. **G. Vasseur**, présentée par M. Michel Lévy.

Les observations mentionnées dans une Note précédente sont susceptibles d'interprétations paléogéographiques. A ce point de vue, il nous a paru nécessaire d'accompagner nos déductions d'une carte schématique leur servant de base, et figurant la répartition des divers faciès dont nous avons parlé (*fig.* 1).

1° On remarquera la direction du rivage septentrional depuis la Dordogne jusqu'à Saint-Savin. Le prolongement de cette ligne vers l'embouchure de la Gironde est hypothétique, mais cadre bien avec les données qu'on possède sur la géologie de la région.

2° La partie orientale du golfe, occupée par les dépôts vaseux à Ostrea, offre à l'Est un prolongement qui fait penser à un *estuaire*.

3° La limite des mollasses de l'Agenais vers l'Ouest, comparée à celle

Fig. 1.

Fig.1
a Calcaire à astéries recouvert à l'ouest et au sud par des terrains non figurés (Aquitanien, Miocène Sables des Landes) ...... a a'
a' grès et poudingues littoraux.
id. recouvert par les mollasses de l'Agenais. ...... b
Couches à Ostrea, sous les mollasses de l'Agenais. c
Mollasses de l'Agenais. ...... d
Calcaire blanc sans fossiles, au niveau des couches à Ostrea. ......
Calcaire de Monbazillac ......
Crétacé ......
Echelle
1/800.000
Gironde
Pauillac
St Savin
Blaye
St Mariens
Sables
Dronne
Coutras
du
Isle
Périgord
Libourne
Lidoire
BORDEAUX
Dordogne
Ste Foy-la-Grande
Bergerac
Monbazillac
Villeneuve
Duras
Dropt
Eymet
Allemans
La Réole
la Garonne
Langon
Marmande
Arcachon
Leyre
L. Wuhrer Sc.

Fig. 2.

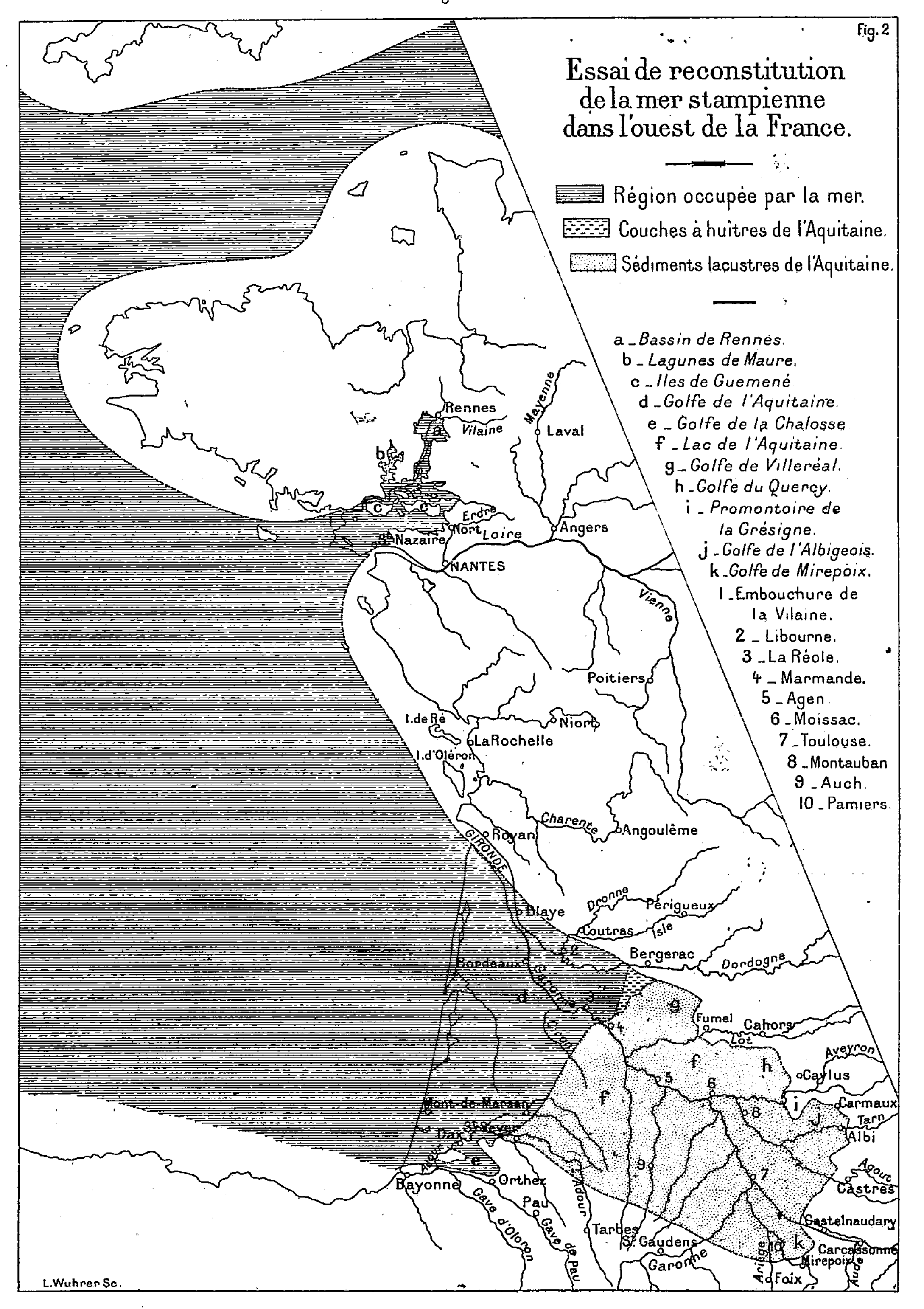


Fig. 2
Essai de reconstitution de la mer stampienne dans l'ouest de la France.
Région occupée par la mer.
Couches à huîtres de l'Aquitaine.
Sédiments lacustres de l'Aquitaine.
a _ Bassin de Rennes.
b _ Lagunes de Maure.
c _ Iles de Guemené
d _ Golfe de l'Aquitaine.
e _ Golfe de la Chalosse
f _ Lac de l'Aquitaine.
g _ Golfe de Villeréal.
h _ Golfe du Quercy.
i _ Promontoire de la Grésigne.
j _ Golfe de l'Albigeois.
k _ Golfe de Mirepoix.
l _ Embouchure de la Vilaine.
2 _ Libourne.
3 _ La Réole.
4 _ Marmande.
5 _ Agen.
6 _ Moissac.
7 _ Toulouse.
8 _ Montauban
9 _ Auch.
10 _ Pamiers.
Rennes
Vilaine
Mayenne
Laval
Erdre
Nort
St Nazaire
Loire
Angers
NANTES
Vienne
Poitiers
I. de Ré
La Rochelle
Niort
I. d'Oléron
Charente
Angoulême
Royan
GIRONDE
Blaye
Dronne
Périgueux
Coutras
Isle
Bergerac
Dordogne
Bordeaux
Garonne
Fumel
Cahors
Lot
Aveyron
Caylus
Carmaux
Tarn
Albi
Agout
Castres
Mont-de-Marsan
Dax
St Sever
Bayonne
Orthez
Pau
Gave d'Oloron
Gave de Pau
Adour
Tarbes
St Gaudens
Garonne
Ariège
Foix
Castelnaudary
Carcassonne
Mirepoix
Aude
L. Wuhrer Sc.

des sédiments marins à l'Est, montre le retrait de la mer depuis le début de l'époque stampienne (1).

La carte paléogéographique de la figure 2 reproduit pour la Bretagne le tracé de la mer stampienne, que nous avons publié en 1881.

La communication qui existait entre l'Atlantique et le bassin de Paris s'effectuait comme aux époques précédentes, yprésienne et lutécienne, par la dépression de la Manche.

Ces relations sont démontrées par les rapports que l'on constate entre la faune des environs d'Étampes et celle de Rennes, de la Gironde et de la Chalosse.

Le bassin du Sud-Ouest comprend le golfe stampien de l'Atlantique et la région lacustre, qui pénètre au loin, vers le Sud-Est, dans l'intérieur des terres.

Au sud de la Garonne et à l'ouest de l'Ariège, la nappe des sédiments miocènes qui s'étend jusqu'aux Pyrénées, ne permet pas de préciser la limite méridionale du lac. La ligne figurée est donc hypothétique, mais nous en reparlerons prochainement, dans un travail plus détaillé, expliquant aussi le tracé que nous donnons du bassin de la Chalosse.

Nous pensons que les dépôts marins de l'époque stampienne, qui affleurent au nord et au sud de la région des Landes, se relient dans la profondeur. D'autre part, la limite des *mollasses* dites *de l'Agenais* atteindraient approximativement au Sud-Ouest les environs de Saint-Sever (2).

Ainsi conçue dans ses lignes principales, la répartition des dépôts marins et lacustres s'expliquerait par l'existence de barres sableuses, ayant séparé les deux régions. Le retrait de ces barres vers l'Ouest aurait eu pour conséquence l'extension progressive des eaux douces sur l'ancien domaine de la mer (3).

---

(1) Nous avons jugé inutile, sur notre carte, de détailler à l'Ouest et au Sud la région du *Sable des Landes*, où l'existence en profondeur du calcaire à astéries ne peut être mise en doute.

(2) D'après Jacquot, Feuille géologique au $\frac{1}{80\,000}$ de Mont-de-Marsan.

(3) Il est extrêmement probable que, malgré son étendue si vaste, le lac stampien de l'Aquitaine devait présenter de faibles profondeurs, ainsi qu'une configuration très variable et en rapport avec les saisons. Dans les périodes de faible débit des cours d'eau, ce bassin pouvait être asséché sur de grandes surfaces et sillonné par les eaux courantes d'écoulement.

Nous n'avons pas tenu compte, dans notre reconstitution, des affleurements réduits des terrains crétacés : Villograins, Roquefort, environs de Créon, vallon de Colègne (nord-est de Gegun), qu'on observe dans le bassin, et qui peuvent correspondre à l'emplacement de quelques îles.

GÉOLOGIE. — *Sur l'importance des mouvements épirogéniques récents dans l'Asie sud-orientale.* Note de M. **Deprat**, présentée par M. Michel Lévy.

J'ai récemment montré ici-même que le Yun-Nan offre des plissements et des charriages des plus importants et que les derniers mouvements tectoniques sont d'âge himalayen. Mais une autre série de mouvements de date récente a affecté toute la Chine méridionale et l'Indo-Chine septentrionale. Je veux désigner des mouvements d'ensemble d'une amplitude énorme qui ont amené la surélévation de toute cette partie du continent asiatique et ont même été accompagnés de dislocations. Les plissements himalayens, dislocations de profondeur n'ont pas amené de fortes surélévations et celles-ci sont dues à ces mouvements postérieurs.

Le Yun-Nan porte partout les marques de mouvements de ce genre.

La vallée du haut Yang-Tseu (Kin-Cha-Kiang) que j'ai étudiée dans la partie où elle recoupe l'extrémité sud du Leang-Wang-Chan (pays Lolo), lui-même extrémité du Yung-Ling-Chann, offre des caractères de jeunesse frappants. J'ai pu reconnaître dans cette vallée profonde de 3000^m, six cycles d'érosion successifs parfaitement indiqués. Le niveau du fleuve étant à 910^m à Mo-Lou-Tchang, les cinq vallées les plus récentes s'échelonnent de cette altitude à celle de 3000^m en offrant de haut en bas des caractères de jeunesse de plus en plus marqués, la dernière formant canyon. La plus ancienne vallée est entourée par des sommets offrant des caractères de sénilité accusés, ravivés localement par le travail des affluents; ces formes mûres contrastent vivement avec les formes si jeunes des vallées.

La vallée du Pou-Tou-'Ho, déversoir du lac de Yun-Nan Sen dans le fleuve Bleu, gorge profonde de 2000^m, près de son confluent, offre les témoignages d'une rapidité de creusement ordinaire.

Le premier cycle montre une vallée extrêmement profonde, à bords rapides, où des débris de terrasses offrent des niveaux correspondants aux derniers cycles de la vallée du fleuve Bleu; le creusement a été trop rapide pour que les différentes reprises de l'érosion aient laissé des traces nombreuses; par contre, le dernier cycle est nettement indiqué par un profond canyon s'élevant du niveau du cours d'eau à l'altitude de 120^m. Les relations de cette vallée avec les dépôts lacustres tertiaires montrent que son creusement date seulement de la fin du Pliocène.

Les mêmes faits caractérisent les autres affluents du fleuve Bleu (Niéou-Lang-'Ho, Tche-Ki-'Ho, Liou-Chon-'Ho, etc.).

J'ai pu faire des observations identiques dans le bassin du Pa-Ta-Ho. Près de Po-Shi j'ai reconnu cinq cycles récents le long du Tié-Tcheng-Ho

et du Kiou-Kiang. J'en publierai prochainement des photographies. A l'est d'Ami-Tchéou le Pa-Ta-'Ho coule dans des gorges profondes entaillées dans une région où les surfaces anciennes abondent, où l'opposition des formes de jeunesse et des formes de maturité est frappante. Des dépôts lacustres pliocènes *plissés* surplombent la vallée à une énorme hauteur (400^m à 500^m). Plus récents encore, appartenant au dernier cycle du Yang-Tzeu, apparaissent les phénomènes de creusement des exutoires des grands lacs (Pleistocène récent) vers le Pa-Ta-'Ho.

En Indo-Chine où le Pliocène se montre plissé (Yen-Bay), on constate les mêmes faits que dans la Chine méridionale. Tout au Tonkin prouve l'existence de mouvements de surélévation récents, auxquels sont entièrement dus les réseaux hydrographiques actuels sculptés dans une surface sénile, avec leurs vallées jeunes (Rivière Noire, Fleuve Rouge, etc.) contrastant tellement avec les formes séniles qui les entourent; la carte d'état major au 1 : 100000 est en général typique à cet égard. A cet ordre de phénomènes appartiennent les plages soulevées d'Annam (Thanh-Hoa) formées de faluns quaternaires surélevés et portés actuellement jusqu'à 11^{km} à l'intérieur.

Il a été dit récemment (¹) qu'en Indo-Chine, les hauts reliefs actuels ne sont pas dus à des soulèvements, mais à des effondrements provenant du début du tertiaire (?) et que le réseau hydrographique date de cette époque de fractures tertiaires; et ceci a été étendu à tous les faisceaux montagneux du sud-est asiatique. Tous les faits d'observations, aussi bien géographiques que géologiques, s'accordent entièrement contre cette proposition qui néglige complètement l'étude des cycles d'érosion et leurs relations avec la géologie. La reprenant *exactement en sens inverse*, je dirai qu'au Tonkin, de même que dans l'Asie sud orientale, *les hauts reliefs actuels sont l'œuvre de soulèvements récents, ainsi que les réseaux hydrographiques*. Les grands mouvements qui leur ont donné naissance ont débuté avec la fin du Pliocène. C'est à cette phase que sont dues les profondes vallées du cours supérieur des grands fleuves Salwen, Irawaddy, Mékong, Fleuve Bleu, etc. J'analyserai ailleurs en détail les faits qui exigent ces conclusions.

Je suis heureux de pouvoir étendre ainsi à l'Asie sud orientale les conclusions de Bailey Willis sur les régions étudiées par lui (Chine centrale et septentrionale). M. de Martonne (²) les avait récemment adoptées hypo-

(¹) Capitaine Zeil, *Conférence à la Société de Géographie*, 3 mars 1911.

(²) E. de Martonne, *L'évolution du relief de l'Asie centrale* (*La Géographie*, janvier 1911, et *B. S. G. F. : C. R. sommaire*, 20 février 1911).

thétiquement à l'Asie centrale. Mes observations me permettent ainsi de confirmer que les grands reliefs asiatiques sont d'origine relativement très récente.

GÉOLOGIE. — *Dislocations des îles de Délos, Rhénée et Mykonos (Cyclades).* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. Michel Lévy.

La compression latérale qui plisse les terrains et engendre les montagnes a produit à Délos et dans les îles voisines deux effets différents, échelonnés dans le temps et représentés par des *plis* et par des *décrochements horizontaux*.

Plissements. — Malgré la nature des roches (granites et gneiss) qui se prêtent très mal à la reconnaissance des ondulations, malgré les interruptions subies par les dislocations, en passant d'une île à l'autre, il est possible de donner, des grandes zones de plissement de la région, une esquisse qui, aux détails près, doit être l'expression de la vérité.

1. Tous les plis observés sont droits, le plus souvent faiblement inclinés, jamais renversés, généralement trés espacés, toujours à grande courbure, et dénotant, par ces caractères, une allure tranquille qui n'est pourtant pas, au fond, la note dominante de la tectonique du pays.

2. Ces plis ont une orientation qui est loin d'être constante. Ils s'incurvent et, comme le montre si bien l'exemple de l'anticlinal commun aux îles Rhénée, Délos et Mykonos, ils passent par un recourbement continu de la direction WE, à la direction NS. En sorte que, suivant les îles étudiées, on se fait une idée très différente du tracé des lignes de plissement.

3. Les plis anticlinaux s'arrêtent par une sorte d'ennoyage rapide, qui se révèle en plan par un mouvement tournant des couches (disposition dite *périclinale*).

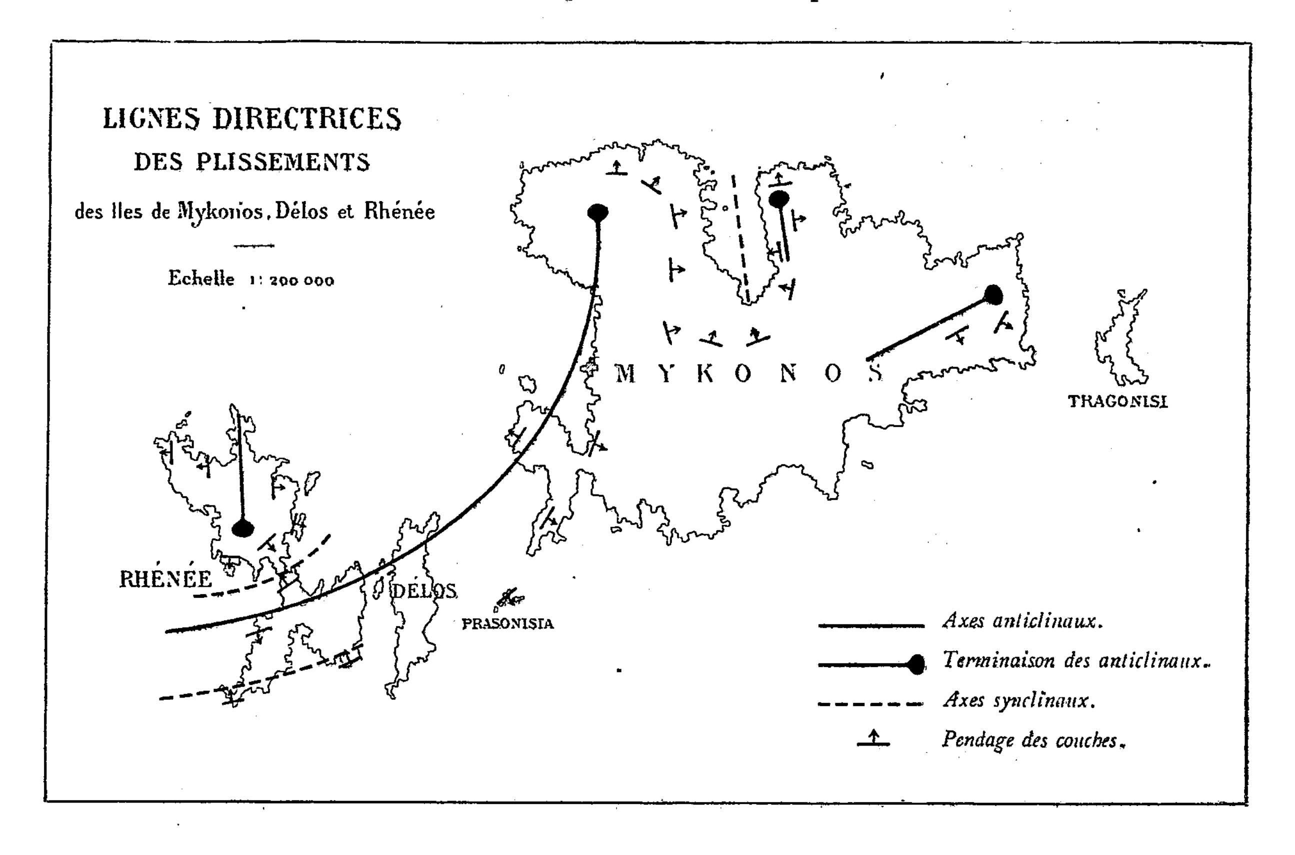
Ce phénomène, qui est la règle pour les plis observés, entraîne toujours la substitution brusque d'une direction de plissement à une autre qui lui est perpendiculaire. Ainsi le pli SN de Rhénée est interrompu, au Sud, si l'on peut dire, par un synclinal, en forme d'arc, normal à son axe.

De même les deux plis anticlinaux du Nord de Mykonos doivent faire place, en dehors de l'île, à un synclinal dirigé WE, du moins dans une partie de son parcours.

4. Toutes les dislocations, qui ont pu être suivies, ont une extension très limitée.

En résumé, des plis courts, arqués, remplacés, quand ils s'arrêtent, par des ondulations transversales, telle est, je crois, l'une des caractéristiques fondamentales de la tectonique des îles considérées. Un pareil système de plis se traduirait, s'il était généralisé, par un réseau orthogonal d'un type

particulièrement aberrant. Réduit aux vestiges épargnés par la destruction du continent égéen, il nous apprend, entre autres faits importants, que la résultante de la poussée orogénique n'a pas de direction définie pour l'ensemble de la région. Orientée SN en un point, elle prend plus loin une direction EW, et le passage d'une direction à l'autre se fait sans transition ou par tous les intermédiaires possibles. Tout se passe comme si le massif



des Cyclades, soumis à des pressions, s'exerçant suivant des directions éminemment variables, avait cédé tantôt à l'une, tantôt à l'autre, et cela en des points très rapprochés. L'image, probablement la plus fidèle du phénomène, est celle d'une masse comprimée en tous sens qui, étant le siège de nombreuses réactions diversement orientées, se déforme et s'écrase sous l'influence de résultantes locales. De multiples indices me font supposer que ce régime tectonique est loin d'être limité aux îles étudiées.

Décrochements transversaux. — Les plis ont été disloqués par une série

de décrochements, normalement à leur direction générale. A Délos, où les voûtes sont sensiblement dirigées WE, tous les décrochements sont orientés NS, ou peu s'en faut. L'un d'eux doit traverser l'île, suivant toute sa longueur. Il est probable que ces accidents tiennent une très grande place dans la tectonique de l'Archipel.

Age des dislocations. — Sur ce point, nos connaissances sont condamnées à rester très imparfaites, en raison de l'absence de formations sédimentaires affectées par les mouvements orogéniques et susceptibles de fournir des dates. Les îles de Délos, Rhénée et Mykonos font partie du massif archéen des Cyclades, qui n'est lui-même que la continuation de celui de l'Attique et de l'Eubée. Or, on sait par les recherches de M. J. Deprat ([1]), qu'il y a en Eubée deux grandes périodes de plissement, l'une *hercynienne* et l'autre *pyrénéenne*. La manifestation des refoulements horizontaux dans la région délienne comporte également deux temps principaux, l'un marqué par la formation des plis, l'autre, postérieur au ridement des terrains, et caractérisé par les décrochements transversaux.

Les plissements, étant reliés par Tinos et Andros à ceux des terrains paléozoïques de l'Eubée, sont évidemment hercyniens; quant aux décrochements, ils se rattachent, croyons-nous, aux dislocations pyrénéennes. Par leur fréquence, non moins que par leur amplitude, les rejets horizontaux appellent tout naturellement un rapprochement avec les phénomènes de charriage que j'ai signalés, en 1903, dans le Péloponèse et l'île de Crète ([2]). J'incline à penser, mais sans pouvoir appuyer mon opinion d'un seul fait, que les décrochements de Délos et les chevauchements de la Grèce continentale et de la Crète sont deux conséquences distinctes d'un seul et même événement. Quand les mouvements de refoulement se sont produits dans une épaisse couverture de sédiments, ils ont engendré des recouvrements, et lorsqu'ils se sont trouvés aux prises avec un massif de granite et de gneiss, consolidé depuis longtemps et dépourvu de manteau sédimentaire, ils se sont manifestés par des décrochements.

Il est à noter que les mouvements pyrénéens sont loin d'avoir épuisé l'activité orogénique dans l'Égéide.

([1]) J. Deprat, *Étude géologique et pétrographique de l'île d'Eubée* (Besançon, 1904, p. 117).

([2]) L. Cayeux, *Phénomènes de charriage dans la Méditerranée orientale* (*Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 474-476).

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Gothlandien dans la plaine du Tamlet (confins algéro-marocains).* Note [1] de M. **Francis Rey**, présentée par M. Ch. Barrois.

Au cours d'une reconnaissance faite en novembre 1910, dans le Djebel-Grouz, la plaine du Tamlet et la région de Bel-Ghiada, j'ai trouvé au flanc d'un des mamelons de la chaîne du Zroug, le Saheb-Sennagha, une faune de graptolites, où domine le genre *Monograptus*.

Ces fossiles ont été trouvés dans des schistes verts lustrés alternant avec des quartzites blancs, formant un complexe de couches dont il est difficile d'apprécier la puissance, à cause des éboulis ou des alluvions qui les recouvrent en partie.

Ces couches, de direction générale NE-SW, forment le soubassement de la partie orientale de la plaine du Tamlet. Elles y affleurent notamment sous les grès néocomiens qui forment la bordure nord de la plaine au Djebel-Haouanit, vers Aïn-Necissa et vers Aïn-el-Orak, où l'on observe la coupe suivante de la base au sommet :

Des schistes verts lustrés, injectés de quartz (100^m);

Quartzites blancs (100^m);

Schistes verts lustrés, surmontés par les grès néocomiens en discordance.

Ces schistes, absolument semblables à ceux du Saheb-Sennagha, sont visibles à l'est de la plaine du Tamlet au Zareg-Toual et au Djorf-Taya. Plus au Sud, on les retrouve dans la *fenêtre* du Raknet-el-Betoum et à Ben-Zireg.

Dans la plaine du Tamlet, ces couches de quartzites et de schistes, que leur faune permet de rapporter au Gothlandien, forment, au-dessus des alluvions quaternaires qui constituent la surface de la plaine, une série de chaînons parallèles de 80^m à 100^m de hauteur relative. Ce sont les petits massifs du Zroug et de Djelila.

La direction des couches gothlandiennes y reste sensiblement constante et leur pendage alternativement au SW et au NW permet de reconnaître les racines d'une chaîne plissée post-silurienne.

Cette chaîne a été ensuite arasée et transformée en plaine, dont les fragments constituent les chaînons parallèles qui accidentent la plaine du Tamlet.

---

[1] Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le rapport de l'argon à l'azote dans les mélanges gazeux naturels et sa signification.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**, présentée par M. H. Deslandres.

Ayant établi dernièrement la constance approximative du rapport krypton-argon dans les mélanges gazeux naturels, nous avons montré comment, en remontant jusqu'à la nébuleuse génératrice du système solaire, on pouvait expliquer cette constance par la considération de l'inertie chimique des deux éléments et de la propriété qu'ils possèdent de conserver l'état gazeux dans de larges limites de température et de pression (*Comptes rendus*, 27 mars 1911). Parmi les conséquences que nous avons indiquées comme découlant de notre manière de voir, la présente Note a pour objet de vérifier celle qui a trait à l'azote.

1. On rencontre dans toutes les sources, comme il existe dans l'atmosphère, ce gaz, qui est *relativement* inerte. Si notre hypothèse est fondée, il faut s'attendre à trouver une certaine uniformité dans les rapports entre les proportions d'argon et d'azote (comme aussi de krypton et d'azote). En nous reportant aux dosages de MM. Ch. Moureu et R. Biquard (*Comptes rendus*, 19 novembre 1906), et en y ajoutant ceux, encore inédits, que nous avons eu l'occasion d'effectuer au cours de ces dernières années ([1]), nous avons pu dresser le Tableau ci-après ([2]). Il comprend, pour 52 « gaz spontanés » de sources, rangées suivant l'ordre des rapports croissants : 1° les valeurs absolues (multipliées par 100) du rapport argon-azote (en volumes); 2° les valeurs de ce rapport lorsque la valeur dans l'air est prise pour unité.

On voit immédiatement que ces chiffres s'éloignent peu les uns des autres. Si l'on examine, par exemple, la colonne de comparaison avec l'air, où le rapport est pris égal à 1, on trouve ce rapport compris : dans 8 sources, entre 0,64 et 0,98; dans 36 sources, entre 1 et 1,29 (moyenne 1,11); dans 7 sources, entre 1,35 et 1,69; exceptionnellement, à Vichy, Grande-Grille, il atteint la valeur sensiblement plus élevée 2,85. Dans la grande majorité des cas (42 sur 52), la valeur du rapport est supérieure à celle qu'il présente dans l'air; il ne lui est inférieur que dans 9 sources. La moyenne générale est 1,15.

([1]) L'étude des gaz d'Uriage est due à M. Massol, et celle des gaz de Nancy à MM. A. Gautier et Ch. Moureu.

([2]) Ce que nous comptons comme argon est, en réalité, un mélange d'argon, de krypton et de xénon. Mais il ressort de nos récentes déterminations que les proportions de ces deux derniers gaz sont tout à fait négligeables devant celles de l'argon (27 mars 1911).

	$\frac{Ar}{N} \cdot 10^2$.	$\frac{\left(\frac{Ar}{N}\right)_{source}}{\left(\frac{Ar}{N}\right)_{air}}$.
Air atmosphérique	1,18	1
Cambo	0,76	0,64
Salins-Moutiers	0,77	0,65
Bourbon-l'Archambault (Source Thermale)	0,92	0,77
Maizières (S. Romaine)	1,00	0,84
Uriage	1,00	0,84
Bains-les-Bains (S. Savonneuse)	1,10	0,93
Châtel-Guyon (S. Gubler)	1,14	0,966
Grisy (Source n° 2)	1,155	0,978
Eaux-Bonnes (S. Vieille)	1,177	1,00
Caldellas (S. Poço do Carvalho)	1,185	1,00
Bourbon-Lancy (S. Reine)	1,20	1,016
Néris (S. César)	1,20	1,016
Saint-Honoré (S. Crevasse)	1,20	1,016
Badgastein (S. Gratenbüker)	1,21	1,02
Ogeu (S. Peyré)	1,22	1,03
Grisy (S. d'Ys)	1,23	1,04
Aix-les-Bains (S. du Soufre)	1,245	1,05
Dax (S. Trou-des-Pauvres)	1,24	1,05
Panticosa (S. Saint-Augustin)	1,24	1,05
Dax (S. Nehe)	1,27	1,076
Royat (S. César)	1,27	1,076
Bagnères-de-Luchon (S. Ferras enceinte)	1,28	1,08
Cauterets (S. César)	1,29	1,09
Bagnères-de-Luchon (S. Bordeu n° 2)	1,296	1,10
Bourbon-Lancy (S. Lymbe)	1,30	1,10
Eaux-Chaudes (S. Esquirette)	1,30	1,10
Bagnères-de-Luchon (S. Bordeu n° 1)	1,32	1,11
Luxeuil (S. Bain-des-Dames)	1,32	1,11
Bagnères-de-Luchon (S. Saule n° 2)	1,34	1,135
Luxeuil (S. Grand-Bain)	1,35	1,14
Nancy (S. Parc Sainte-Marie)	1,35	1,14
La Chaldette	1,376	1,166
Bagnères-de-Bigorre (S. Salies)	1,38	1,17
Longwy (S. des Récollets)	1,39	1,178
Mont-Dore (S. des Chanteurs)	1,40	1,186
Cauterets (S. Raillère)	1,40	1,186
Spa (S. Tonnelet)	1,40	1,186
Bagnères-de-Luchon (S. Pré n° 1)	1,42	1,20
Plombières (S. Crucifix)	1,43	1,21
Bussang (S. des Demoiselles)	1,44	1,22
Cauterets (S. Bois-Vieux)	1,44	1,22
Plombières (Source n° 3)	1,455	1,23
Ax-les-Thermes (S. Viguerie)	1,475	1,25
Cauterets (S. Manhourat)	1,51	1,29
Plombières (S. des Capucins)	1,60	1,356
Cauterets (S. des OEufs)	1,617	1,37
Plombières (Source n° 5)	1,62	1,37
Vichy (S. Chomel)	1,66	1,40
Plombières (S. Vauquelin)	1,67	1,41
La Bourboule (S. Choussy)	1,87	1,58
Vichy (S. des Célestins)	2,00	1,694
Vichy (S. Grande-Grille)	3,37	2,85

2. A la vérité, les écarts sont ici plus forts que ceux que nous rencontrions en comparant les rapports krypton-argon ; mais l'impression de constante ne s'en dégage pas moins très clairement. Au surplus, il convient de ne pas oublier que l'inertie de l'azote est toute relative : l'azote est seulement, de tous les gaz courants, le moins apte à former des combinaisons. D'ailleurs, si, faisant entrer en scène un gaz facile à combiner, on considère le rapport argon-acide carbonique, par exemple, on constate que, suivant les sources, ce rapport peut prendre toutes les valeurs possibles depuis zéro jusqu'à l'infini. Il n'est donc pas douteux que, quand elle existe, la

constante des rapports mutuels des proportions des gaz dans les mélanges naturels ne tienne à l'inertie chimique.

3. Une autre remarque trouve ici sa place. A notre avis, la constance du rapport argon-azote dans les mélanges gazeux naturels exige que la *majeure* partie de l'azote qu'ils contiennent ait toujours été libre depuis l'origine de la Terre. Si, en effet, une proportion notable de cet azote s'était d'abord combinée pour se libérer ensuite, il en résulterait, à moins d'admettre que ce double phénomène se soit produit partout d'une manière identique, une absence de toute uniformité dans la série des rapports argon-azote, comme on l'observe dans celle des rapports argon-acide carbonique, par exemple. Il semble donc que l'azote se comporte, au point de vue géologique, sensiblement comme l'argon, c'est-à-dire comme un gaz chimiquement inerte. Les écarts, parfois assez notables, que nous avons constatés dans les valeurs comparées des rapports argon-azote, pourraient s'expliquer par les considérations géochimiques si intéressantes (action de la vapeur d'eau sur les azotures des roches, etc.) que M. Armand Gautier a développées dernièrement (*Revue scientifique*, 2 et 9 novembre 1907).

Quant à l'origine même des gaz, si l'on rapproche les faits et réflexions qui précèdent des travaux de M. Armand Gautier et de ceux de M. Strutt (*Proc. Roy. Soc.*, 1907-1908), établissant que les gaz des roches de l'écorce terrestre sont relativement pauvres en azote et argon, on est conduit à penser, suivant une idée émise par M. Armand Gautier (*loc. cit.*), que la plus grande partie de ces gaz présents dans les sources doit provenir du noyau terrestre incandescent.

HYDROLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode d'utilisation à distance des eaux minérales thermales.* Note (¹) de M. **Boudry**, présentée par M. d'Arsonval.

I. *But.* — Transporter une eau minérale thermale, pouvant être bue au loin encore *vivante* comme à sa source, tel est le problème que j'ai essayé de résoudre :

1° En conservant à l'eau thermale jusqu'à son absorption *sa température initiale au griffon ;*

2° En l'embouteillant au griffon de la source dans un flacon opaque

(¹) Présentée dans la séance du 22 mai 1911.

stérilisé, ouvert seulement une fois plongé dans l'eau thermale, et bouché sous l'eau, de façon à *emprisonner tous les gaz* et à éviter aussi le contact de l'air, l'influence de la lumière et toutes les influences extérieures modificatrices, jusqu'à son utilisation thérapeutique.

II. *Flacon embouteilleur.* — Ce flacon embouteilleur est un flacon en verre à double paroi *b*, entre laquelle le vide a été fait, ainsi que dans la plaque en verre creux *c*, qui sert de bouchon. Du fait de ce dispositif, l'eau contenue dans le flacon bouché est entourée de toutes parts d'une zone de vide. Une fermeture à ressort (*fig.* 2) permet d'ouvrir et de fermer facilement le flacon sous l'eau. Par-dessus le flacon, une enveloppe métallique à double paroi, et divisée en deux parties, *s* et *p*, hermétiquement closes après l'introduction dans l'espace libre d'une certaine quantité *x* de baryte hydratée, à l'effet de pouvoir créer à volonté autour de l'eau thermale une zone continue de chaleur par-dessus la zone continue de vide.

III. — *Expériences.*

Durée de l'expérience.	Température de l'eau embouteillée [1] initiale.	Température de l'eau embouteillée [1] finale.	Température ambiante (moyenne).
h	o	o	o
24	54	45	12
18	54	52	10
15	54	54	11
24	49	43	10
18	49	47	12
15	49	49	10
24	44	43	12
18	44	44	10
15	44	44	10
24	35	35	10
18	35	35	11
15	35	35	10
96 (4 jours)	54	54	12

Dans ces expériences, l'enveloppe à la baryte a été appliquée sur le flacon, après avoir été plongée 15 minutes dans de l'eau à environ 80°, pour mettre la baryte en fusion.

(1) Un thermomètre à maxima, placé comme témoin dans le flacon au début de chaque expérience, a marqué chaque fois la température initiale comme maximum. Par conséquent, au cours de chaque expérience, pas de surélévation thermique de l'eau embouteillée.

Dans la dernière expérience seulement, l'enveloppe à la baryte renfermant à son intérieur le flacon a été plongée à nouveau, toutes les 15 heures (contenant et contenu), dans de l'eau à 80° pour remettre la baryte en action, afin de démontrer la possibilité d'obtenir une stabilité thermique pour ainsi dire indéfinie.

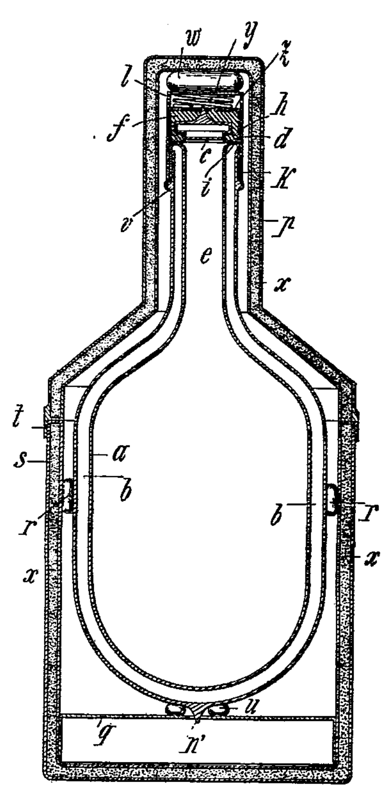


Fig. 1. — Coupe verticale.

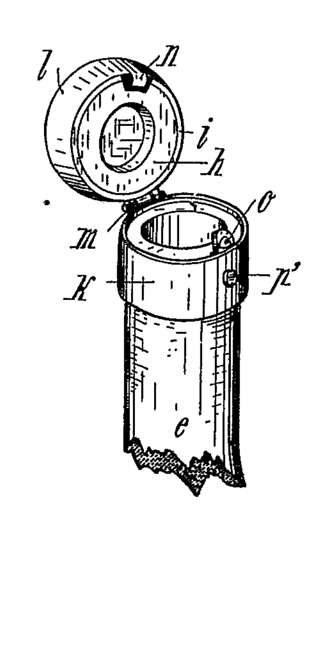


Fig. 2. — Dispositif de bouchage.

IV. *Conclusions.* — A. Il résulte de mes expériences : 1° que cette méthode permet de conserver aux eaux thermales leur température initiale au point de puisement pendant 24 heures pour les eaux dont la température est de 35° à 45°, pendant 15 heures pour les eaux dont la température est de 45° à 55°;

2° Que, pour ces eaux de 45° à 55°, la déperdition calorique est négligeable au bout de 18 heures, et minime au bout de 24 heures;

3° Que si, au bout de 15 à 18 heures, on plonge le flacon recouvert de son enveloppe métallique à la baryte pendant 10 à 15 minutes dans de l'eau à 80°, et qu'on renouvelle cette opération matin et soir pour les eaux au-dessus de 45°, et toutes les 24 heures pour les eaux au-dessous de 45°, on

peut assurer la stabilité thermique pour un temps, pour ainsi dire, indéfini;

4° Qu'il ne s'est produit, au cours de mes expériences, aucune ascension dans la température de l'eau embouteillée, et que la barrière continue de vide du flacon et du bouchon était suffisante pour protéger l'eau emprisonnée contre toute surélévation dans cette manœuvre;

5° Qu'en conséquence et pour toutes ces raisons, les qualités connues, mal connues ou inconnues à ce jour, *liées à la thermalité*, sont conservées au maximum par cette méthode.

B. A cette conservation des qualités, liées à la thermalité, s'ajoute *la conservation de tous les gaz de la source*, par le puisement et bouchage sous l'eau à son griffon.

C. Par cette technique, et aussi par le fait que les parois du flacon sont opaques, la mise à l'abri de l'influence de l'air et de la lumière, jusqu'à son utilisation, apporte à l'eau thermale un troisième facteur de stabilité dans ses éléments constituants.

A 4 heures un quart l'Académie se réunit en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 mai 1911.

Les ports maritimes de la France : Notice complémentaire sur le port de Rochefort, modifications survenues de 1880 *à* 1909, par M. Combarnous et M. Lutton. — *Notice complémentaire sur le port de la Cotinière, modifications survenues de* 1884 *à* 1910, par M. Lutton. — *Notice complémentaire sur le port de Saint-Malo-Saint-Servan, modifications survenues de* 1876 *à* 1909, par M. L. Corbeaux et M. Foucault. (Publication du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.) Paris, Imprimerie nationale, 1910; 3 fasc. in-4°.

Compte rendu annuel des travaux exécutés par le Service géographique de l'Indo-Chine, année 1910. Hanoï, Service géographique, État-Major, Groupe de l'Indo-Chine; 1 fasc. in-8°.

Notes ethnographiques sur les peuples communément appelés « Bakuba », ainsi que sur les peuplades apparentées. Les Bushongo, par E. TORDAY et T.-A. JOYCE; Aquarelles par NORMAN-H. HARDY. (*Annales du Musée du Congo belge. Ethnographie. Anthropologie.* 3e série, t. II, fasc. 1.) Bruxelles, Spineux et Cie, 1911; 1 fasc. in-f°.

Rapport sur le concours de réglage de chronomètres de l'année 1910, présenté à la Classe de l'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève, le 20 février 1911, par M. RAOUL GAUTIER, directeur de l'Observatoire de Genève, s. l. n. d.; 1 fasc. in-8.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice, pendant l'année 1909; Résumé, par R. GAUTIER et H. DUAIME. Genève, 1911; 1 fasc. in-8°.

Résumé météorologique de l'année 1909 *pour Genève et le Grand Saint-Bernard*. par R. GAUTIER. Genève, 1910; 1 fasc. in-8°.

Compagnie des Chemins de fer du Midi. Assemblée générale des Actionnaires du 27 *avril* 1911, présidence de M. GEORGES TEISSIER, Président. *Rapport du Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée.* Paris, 1911; 1 fasc. in-4°.

Une série d'Opuscules sur divers sujets : *Le volcanisme. — Le neptunisme. — La comète. — La fin du Monde. — La prévision du temps. — Les inondations. — La certitude en médecine.* 1 vol. et 6 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur, M. A. LABAT.)

The formula for the development of power, by B.-C. POLE. Darby, Pa., chez l'auteur, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Report of the Commissioner of fisheries for the fiscal year 1908, *and special papers.* Washington, Government printing Office, 1910; 1 vol. in-8°.

Communications from the physical Laboratory of the University of Leiden, by H. KAMERLINGH ONNES; nos 117-119. Leyde, s. d.; 3 fasc. in-8°.

British Antarctic Expedition 1907-1909, *under the command of Sir E.-H. Shackleton. Reports on the scientific investigations.* Vol. II : *Biology*, editor JAMES MURRAY. Part 1 : *Molusca*, by CHAS. HEDLEY, with one plate. — Part 2 : *Antarctic Fishes*, by EDGARD-R. WAITE. — Part 3 : *Mallophages*, by L.-G. NEUMANN. Londres, William Heinemann, 1911; 3 fasc. in-4°.

Extracts from narrative Reports of officers of the Survey of India, for the season 1908-1909, prepared under direction of Colonel F.-B. LONGE, Surveyor general of India. Calcutta, 1911; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 22 MAI 1911.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises, par PAUL HELBRONNER. Tome I : *Chaîne méridienne de Savoie.* Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Bassot.)

Tours d'horizon photographiques de sommets, extraits du Tome premier de la « Description géométrique détaillée des Alpes françaises », par PAUL HELBRONNER. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. in-4° oblong.

Le ciel et l'atmosphère, par Louis Houllevigue. Paris, Armand Colin, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. E. Bouty.)

Mission Gruvel sur la côte occidentale d'Afrique (1909-1910) : *Échinodermes*, par R. Kœhler. (*Annales de l'Institut océanographique* [Fondation Albert Ier, Prince de Monaco]; t. II, fasc. 5.) Paris, Masson et Cie, 1911; 1 fasc. in-4°.

La circulation nerveuse neuroplasmatique, Discours prononcé à la Faculté de Médecine de Paris, le 10 avril 1911, par Nicola-Alberto Barbieri. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. in-8°.

Des causes déterminantes du sexe, par J. Regnault. (Extr. du *Bulletin de la Société médico-chirurgicale du Var;* 1910.) Toulon, imp. A. Bordato; 1 fasc. in-8°.

A research on the pines of Australia, by Richard-T. Baker, Curator and Economic Botanist, and Henry-G. Smith, Assistant Curator and Economic Chemist. (Technicological Museum, New South Wales. *Technical Education Series*, n° 16.) Sydney, William Applegate Gullick, 1910; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. R.-T. Baker.)

Extracts from narrative Reports of Officers of the Survey of India, for the season 1908-1909, prepared under the direction of Colonel F.-B. Longe, Surveyor general of India. Calcutta, 1911; 1 vol. in-4°.

Nova Acta Academiæ Cesareæ Leopoldino-Carolinæ naturæ curiosorum; t. XCII-XCIII. Halle, Ehrhardt Karras, 1910; 2 vol. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 8 mai 1911.)

Note de M. *de Forcrand*, Sur les hydrates des fluorures de rubidium et de cæsium :

Page 1211, ligne 6, *au lieu de* hydrure, *lire* hydrate.

Note de M. *H. Larose*, Sur des développements trigonométriques à composantes non orthogonales :

Page 1221, ligne 17, au numérateur de la formule (2), *au lieu de* φ, *lire* ψ.

Page 1222, 1re ligne en remontant, *au lieu de* Φ, Φ, *lire* Φ_φ, Φ_c; *au lieu de* v, *lire* γ.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 6 JUIN 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel**, au nom de M. Paul Dislère, Président du Conseil d'administration de la Caisse des recherches scientifiques, présente le *Rapport annuel*, pour l'année 1910, adressé au Président de la République française.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques complémentaires sur les champs magnétiques faibles de l'atmosphère solaire.* Note de M. **H. Deslandres.**

Dans une Note précédente du 29 mai ([1]), j'ai admis dans les couches supérieures de l'atmosphère solaire, l'existence d'un champ magnétique ayant les mêmes directions générales que le champ terrestre, et j'ai montré que cette hypothèse simple explique dans les moindres détails toute une série de faits jusqu'alors mystérieux : même le champ magnétique nécessaire est très faible, beaucoup plus faible que le champ terrestre. Malgré sa très petite intensité, il agit sur les ions solaires et modifie leur mouvement d'une manière sensible.

J'ai examiné à ce point de vue trois parties bien distinctes de la couche supérieure, à savoir : les protubérances qui s'en détachent, les alentours des taches isolées et enfin la couche supérieure elle-même, considérée dans son ensemble. J'ai montré que, dans ces trois cas, le champ produit l'effet habi-

([1]) C'est une Note des *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1433, intitulée : *Explication simple des protubérances solaires et d'autres phénomènes par des champs magnétiques très faibles.*

tuel et déplace les ions sur des hélices dont l'axe est parallèle aux lignes de force, le premier effet étant une déviation horizontale si le mouvement est au début vertical, et une déviation à la fois verticale et horizontale si le premier mouvement est horizontal.

Dans chaque cas, on a mis en relief l'action du champ, mais sans reconnaître exactement sa direction et le sens de la charge électrique; car l'action reste la même si le sens du champ et le signe de la charge changent en même temps. Aussi ai-je eu soin de noter au début que le phénomène observé impliquait seulement une relation entre le sens et la direction du champ, d'une part, et le signe de la charge, d'autre part.

Cependant, pour la facilité de l'exposition, dans les trois cas examinés, j'ai supposé que le champ magnétique avait les mêmes directions générales et le même sens que le champ terrestre; et, partant de cette hypothèse, j'ai été conduit, avec le premier phénomène à une charge négative des ions qui s'élèvent dans la protubérance, avec le second phénomène à une charge négative des ions qui se rapprochent de la tache considérée (28 mars 1910), et avec le troisième phénomène à une charge positive des ions venus de l'extérieur qui descendent.

Évidemment, si le champ réel a un sens contraire, les signes des charges, dans les trois cas, sont aussi contraires; mais, et c'est là le point sur lequel je veux insister, le sens du champ peut être différent non seulement pour les trois phénomènes, mais simplement pour un seul ou deux d'entre eux.

Je suis ainsi conduit à compléter ma première Note et à donner sur ce point spécial quelques détails nouveaux.

Des trois phénomènes en question, le plus net, le mieux étudié, est assurément celui des protubérances, qui même a donné une mesure relativement précise du champ magnétique (1). Mais la valeur de ce champ est

---

(1) Il y a quelques réserves à faire sur les faits qui servent de base au phénomène appelé le troisième. J'ai admis la descente générale et la rotation plus rapide des vapeurs K_3, qui ne sont pas encore prouvées avec une certitude absolue. La dispersion anormale peut jouer un rôle dans le phénomène qui a donné la mesure de la rotation et le déplacement général vers le rouge de la raie K_3 peut être attribué à un grand courant de convection et non à une descente générale. Mais les mesures récentes de Saint-John au mont Wilson, de Pérot à Meudon, rendent la descente générale beaucoup plus probable.

De plus j'ai admis que le calcium et l'hydrogène ont, dans la couche supérieure, des ions de même signe. Il faudrait vérifier que ces deux gaz sont déviés du même côté dans les protubérances.

très faible, et l'on conçoit qu'il puisse facilement changer de sens. Il est dû dans son ensemble à la rotation des ions solaires positifs et négatifs et à la révolution des ions extrasolaires positifs ([1]); mais il est modifié certainement par les mouvements locaux de ces mêmes ions, et, en particulier, par les grands courants de convection de l'atmosphère.

De plus, nous savons par les belles recherches de Hale que les taches offrent près de la surface un champ magnétique limité à la tache elle-même et à la couche basse, mais intense et voisin de 3000 gauss. Or la cause qui produit ce dernier champ peut agir à distance sur la couche supérieure dans le voisinage, augmenter ou diminuer le champ général dû à la rotation. Il est légitime d'admettre que, dans ces régions, le champ résultant peut avoir des valeurs très diverses ou même être inversé par rapport au champ général. On explique ainsi tous les aspects très variés des filets relevés autour des taches dans les images des couches élevées de l'hydrogène.

J'ai déjà exposé en partie cette manière de voir le 10 janvier 1910 (*Comptes rendus*, t. 152, p. 72), j'ai remarqué que les *Solar vortices* de l'hydrogène ne pouvaient être la cause du champ magnétique de la tache, comme Hale l'admettait jusqu'alors; car la courbure très faible des spires implique une rotation peu rapide des ions et une intensité minime du champ produit par leur mouvement. Cette courbure est attribuable à un effet lointain de la cause qui donne naissance au champ intense des couches basses; et cette idée a été adoptée aussi ultérieurement par Hale (*Publications of the astronomical Society of the Pacific*, t. XXII, avril 1910, p. 63 à 78).

([1]) Le champ des ions solaires a évidemment les mêmes directions générales que le champ terrestre et, comme lui, une intensité croissante de l'équateur vers les pôles. Il est probablement complexe; les auteurs ont admis, en allant de la surface vers l'extérieur, soit la succession de couches positive, négative, positive et négative, soit la succession de couches positive, négative et positive, soit plus simplement une couche basse positive et une couche haute négative.

Tous ont admis un excès des charges positives et, à l'extérieur de la chromosphère, le champ des ions solaires est très probablement inverse de celui de la Terre. Quoi qu'il en soit, il se combine avec le champ des ions extrasolaires positifs qui, dans la même région, a le sens du champ terrestre, et, de plus, est très variable. Il semble difficile de reconnaître *a priori* le sens du champ résultant aux limites de la chromosphère. Dans la Note précédente j'ai admis, et pour plusieurs raisons, que le sens probable est celui du champ terrestre; mais, en réfléchissant, on trouve des raisons aussi fortes ou même plus fortes pour le sens contraire, opposé à celui de la Terre.

En particulier, avec la tache du 28 mars 1910, examinée dans la Note précédente, il est naturel d'admettre que le champ au-dessus d'elle est inverse du champ général; car les ions autour d'elle ont alors une charge de même signe que ceux de la couche supérieure entière.

Finalement, l'interprétation la plus simple de tous les faits observés, de toutes les relations constatées, est la suivante :

La couche supérieure entière a des ions d'un même signe, sauf à l'emplacement des filaments qui ont des charges électriques de signe contraire ([1]). Avec un champ magnétique inverse du champ terrestre, la couche supérieure est négative, et le filament est positif. D'autre part, le sens du champ est, en général, le même tout autour du Soleil; mais il faut excepter la région des taches, qui a souvent un champ nul ou de sens opposé. Le champ nul correspond au cas fréquent des taches, qui, dans les images de l'hydrogène, présentent une disposition nettement radiale des lignes de courant, sans inflexion aucune.

Cette étude met en relief, une fois de plus, le grand rôle des actions électromagnétiques dans le Soleil. C'est une face du grand problème si complexe de l'atmosphère solaire, dans lequel interviennent aussi des actions aérodynamiques, électrostatiques, chimiques et, en plus, celles dues à la gravitation, à la pression de radiation, à l'ionisation, à la radioactivité.

Un tel problème est difficile à aborder dans son ensemble et Arrhenius, comme on le sait, l'a fait avec succès. A Meudon, où l'observation des faits nous a surtout occupés, j'ai étudié récemment les actions aérodynamiques avec les grands courants de convection et les tourbillons cellulaires, et j'accorde aussi une grande attention aux actions électrostatiques qui expliquent, au moins partiellement, les mouvements verticaux reconnus, et en particulier l'ascension du gaz des filaments, avec le déplacement de la protubérance sur le côté ([1]).

([1]) Il faut souligner l'importance du résultat énoncé ci-dessus : le filament et la couche supérieure ont des charges électriques de signe contraire. Le gaz du filament doit provenir en partie de la couche qui est immédiatement au-dessous de la couche supérieure et est électrisée en sens contraire; il s'élève comme étant à la limite d'un tourbillon cellulaire et aussi par répulsion électrostatique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème général sur les équations intégrales de troisième espèce.* Note de M. **Émile Picard.**

1. On peut appeler équations intégrales de *troisième espèce* les équations fonctionnelles du type de l'équation de Fredholm, susceptibles de la forme

$$h(x)f(x)+\lambda\int_a^b \mathrm{K}(x,y)f(y)\,dy=\varphi(x), \tag{1}$$

où $f(x)$ est la fonction inconnue, *pour lesquelles la fonction $h(x)$ change de signe en s'annulant dans l'intervalle (a, b).*

J'ai énoncé, il y a quelque temps (*Comptes rendus*, 28 février 1910), une proposition générale sur ces équations, qui peut être complétée en faisant quelques hypothèses complémentaires sur $\mathrm{K}(x, y)$: c'est ce que je me propose d'indiquer dans cette Note.

Il suffira de se borner ici au cas où l'on a

$$h(x)=x \quad (a<0<b).$$

En représentant par l la plus grande des quantités $-a$ et b, nous supposons que $\mathrm{K}(x, y)$ est une fonction holomorphe des variables complexes x et y dans leurs plans respectifs à l'intérieur des cercles de rayon ρ supérieur à l; nous désignons par M le module maximum de $\mathrm{K}(x,y)$ dans ce domaine.

2. En posant

$$\mathrm{F}(x)=xf(x),$$

nous envisageons l'équation

$$\mathrm{F}(x)+\lambda\int_{\mathrm{L}}\frac{\mathrm{K}(x,y)}{y}\mathrm{F}(y)\,dy=\varphi(x) \tag{2}$$

en représentant par L le champ d'intégration formé des segments $(a, -\eta)$ et $(+\varepsilon, h)$, en désignant par ε et η des quantités positives.

L'équation (2) peut être résolue par la méthode de Fredholm, et nous avons cherché, dans la Note citée, ce qu'il advient de la solution trouvée quand ε et η tendent vers zéro.

3. La fonction entière $\mathrm{D}(\lambda)$, qui joue un rôle essentiel dans la théorie de

l'équation de Fredholm, a ici pour terme général

$$\frac{\lambda^n}{1.2\ldots n}\int_{L_1}\int_{L_2}\cdots\int_{L_n}\frac{K\begin{pmatrix}x_1, & \ldots, & x_n\\ x_1, & \ldots, & x_n\end{pmatrix}}{x_1 x_2\ldots x_n}dx_1\,dx_2\ldots dx_n,$$

L_i correspondant pour x_i à l'ensemble des deux intervalles $(a, -\eta)$ et $(+\varepsilon, b)$; quant à $K\binom{x_1, \ldots, x_n}{x_1, \ldots, x_n}$, il représente le déterminant habituel.

Or on reconnaît que si l'on fait tendre ε et η vers zéro, le rapport $\frac{\varepsilon}{\eta}$ ayant une limite déterminée, le coefficient de

$$\frac{\lambda^n}{1.2\ldots n}$$

est, en valeur absolue, inférieur à

$$n^{\frac{n}{2}}M^n\left[\left|\log\frac{b\eta}{-a\varepsilon}\right|+\left|2\log\left(1-\frac{l}{\rho}\right)\right|\right]^n.$$

La fonction $D(\lambda)$, entière en λ, peut alors être très facilement étudiée en tant que fonction de

$$\log\frac{\eta}{\varepsilon},$$

et l'on arrive à la conclusion [1] que $D(\lambda)$ *est une fonction entière de* $\log\frac{\eta}{\varepsilon}$.

3. Des circonstances analogues se présentent pour la fonction $D_1(x, t; \lambda)$ de Fredholm. Le terme général de cette fonction entière en λ est

$$\frac{1}{t}\,\frac{\lambda^n}{1.2\ldots n}\int_{L_1}\cdots\int_{L_n}\frac{K\begin{pmatrix}x, & x_1, & \ldots, & x_n\\ t, & x_1, & \ldots, & x_n\end{pmatrix}}{x_1 x_2\ldots x_n}dx_1\,dx_2\ldots dx_n,$$

et l'on reconnaît qu'elle est aussi à la limite une fonction entière en $\log\frac{\eta}{\varepsilon}$. Elle admet le pôle simple $t = 0$.

La solution de l'équation (2) est donnée par la formule

$$F(x) = \varphi(x) - \lambda\int_L \frac{D_1(x, t; \lambda)}{D(\lambda)}\varphi(t)\,dt.$$

---

[1] Il n'est pas en réalité nécessaire de supposer, pour établir ce résultat, que $K(x, y)$ est holomorphe dans un domaine aussi étendu que celui du texte. En s'appuyant sur le résultat précédent, on peut montrer qu'il suffit de supposer que $K(x, y)$ est holomorphe autour de $x = 0$, $y = 0$.

On supposera que $\varphi(t)$ a une dérivée première; alors $F(x)$, ε et η tendant vers zéro, *est une fonction méromorphe de*

$$\lambda \quad \text{et} \quad \log\frac{\eta}{\varepsilon}.$$

Soit k la limite de $\log\frac{\eta}{\varepsilon}$; *nous sommes ainsi conduit à attribuer à l'équation de troisième espèce* (1) *une solution, fonction méromorphe de* λ *et d'une constante arbitraire* k.

4. Soit, pour prendre un exemple très simple, une courbe fermée C analytique régulière. On demande de déterminer sur cette courbe une couche de densité ρ, dont le potentiel logarithmique

$$V = \int_C \rho \log\frac{1}{r}\, d\sigma$$

satisfasse sur C à la relation

$$a\frac{dV}{dn} + b\frac{dV'}{dn} + c = 0.$$

$\frac{dV}{dn}$ et $\frac{dV'}{dn}$ sont les dérivées limites prises par rapport à la normale intérieure n pour l'intérieur et pour l'extérieur de l'aire limitée par C, et les coefficients a, b, c sont des fonctions de l'arc s; nous supposons que a et b ne s'annulent pas à la fois.

Avec les notations usuelles, cette relation revient à

$$\pi(b-a)\rho + (b+a)\int_C \rho\frac{\cos\psi}{r}\, d\sigma + c = 0.$$

Si $b-a$ s'annule sur le contour C (racines simples), nous sommes conduit, d'après ce qui précède, à attribuer en général à cette équation fonctionnelle des solutions $\rho(s)$, ayant pour pôles les points racines, et dépendant de constantes arbitraires en nombre égal à celui de ces points.

HYGIÈNE. — *Au sujet de l'assainissement de la Corse.* Note de M. A. Laveran.

L'assainissement de la côte orientale de la Corse qui, depuis un siècle, a été si souvent réclamé, et qui a fait l'objet de tant d'enquêtes et de projets mort-nés, s'impose de nouveau à l'attention.

On a trop souvent décrit l'état misérable dans lequel vit la population de cette région pour que j'y insiste; la côte orientale de la Corse est basse, couverte de marais ou d'étangs sur une étendue de 100 kilomètres environ; l'endémie palustre y est si grave que, l'été venu, les habitants doivent se réfugier dans la montagne; cet exode annuel rend la culture du sol très difficile, aussi le maquis a-t-il envahi la plus grande partie de la plaine.

L'assainissement projeté rendrait la vie à cette région qui au temps de l'Empire romain jouissait d'une grande prospérité. En 1908, dans un remarquable rapport sur la situation économique de la Corse, M. Clémenceau, président du Conseil et ministre de l'Intérieur, faisait remarquer très justement que la Corse n'ayant pas d'industries ne pouvait attendre son salut que de l'agriculture; or la plaine orientale, en raison de la fertilité du sol et de la douceur de son climat, est merveilleusement appropriée aux cultures les plus rémunératrices : primeurs, fruits et fleurs.

La cause de l'assainissement de la côte orientale de la Corse paraît enfin gagnée et l'on doit se demander quelles sont les mesures les plus efficaces à conseiller pour cette importante entreprise.

En lisant quelques-uns des projets qui ont été élaborés dans ces dernières années, il m'a semblé que les auteurs de ces projets s'occupaient d'une façon trop exclusive des grands travaux d'assainissement.

Dessécher les marais, régulariser les rives des étangs et des cours d'eau, détruire les barres qui se forment à l'embouchure des fleuves qui, en Corse, sont des torrents, drainer le sol et le mettre en culture, ce sont là des mesures excellentes conseillées depuis longtemps pour assainir les régions palustres et dont l'utilité nous apparaît aujourd'hui d'autant mieux que nous savons comment et pourquoi elles sont efficaces.

L'amenée d'eau potable mérite aussi de figurer dans un programme d'assainissement. Les eaux de mauvaise qualité, si elles ne donnent pas la fièvre, produisent des troubles gastro-intestinaux qui aggravent les accidents palustres; d'ailleurs la dysenterie et la fièvre typhoïde, si souvent d'origine hydrique, ne sont pas moins redoutables que le paludisme.

L'achèvement des voies ferrées de la Corse rentre aussi, indirectement, dans un programme complet d'assainissement; cet achèvement est en effet nécessaire au progrès économique et à la mise en culture du sol qui faciliteront beaucoup les opérations d'assainissement proprement dites.

Ce programme est, je le répète, excellent, mais il est incomplet; il ne tient pas suffisamment compte des progrès qui ont été réalisés dans la connaissance de l'agent du paludisme et de son mode de propagation, progrès

qui nous permettent d'opposer à l'endémie palustre une prophylaxie rationnelle, alors qu'autrefois on en était réduit à une prophylaxie empirique.

Le paludisme étant produit, non par un miasme émané du sol et absorbé par les voies respiratoires, comme on le croyait naguère, mais par un hématozoaire qui est propagé par les moustiques du genre *Anopheles*, les règles de la prophylaxie rationnelle peuvent se résumer ainsi : détruire les moustiques ou se protéger du moins contre leurs piqûres; employer largement la quinine à titre préventif et à titre curatif de manière que le sang des individus qui vivent en milieu palustre ne soit pas infectieux pour les *Anopheles* dont la destruction complète est souvent impossible.

De nombreux exemples démontrent qu'en appliquant ces règles on peut lutter avec succès contre l'endémie palustre.

La ville d'Ismaïlia, sur le canal de Suez, a été complètement assainie, grâce à la destruction des moustiques; d'excellents résultats ont été obtenus par le même procédé à La Havane, à Rio-de-Janeiro, dans les chantiers du canal de Panama; la protection mécanique contre les moustiques et l'usage préventif de la quinine ont donné de beaux succès dans la lutte contre le paludisme en Italie et dans beaucoup d'autres pays.

En Corse même, la prophylaxie rationnelle a fait ses preuves.

Le domaine de Casabianda est situé près d'Aléria dans la partie la plus insalubre de la côte orientale; il a servi pendant quelque temps de pénitencier, mais l'état sanitaire des détenus était si mauvais qu'on dut l'évacuer; la mortalité s'était élevée jusqu'à 25 pour 100. Le domaine a été administré depuis lors par le service des Ponts et Chaussées et, grâce aux mesures excellentes qui ont été prises, il a été complètement transformé; je l'ai visité en 1902 et je l'ai trouvé déjà en pleine prospérité à cette époque, bien que les travaux d'assainissement ne fussent pas terminés ([1]).

Ces heureux résultats sont dus sans doute en partie au dessèchement des marais; mais, si l'assainissement de Casabianda a été obtenu rapidement, cela tient aussi à ce que les ingénieurs chargés de la direction du domaine ont compris l'importance des règles de la prophylaxie rationnelle.

Dans ses rapports de 1906 et de 1908, le docteur Zuccarelli, médecin du domaine, constate les progrès de l'assainissement qui marchent de pair, dit-il, avec la disparition des *Anopheles*.

Cet exemple est fort instructif et il devra être médité par ceux qui établi-

---

([1]) A. LAVERAN, *L'assainissement de la Corse* (*Académie de Médecine*, 7 octobre 1902).

ront le programme des travaux d'assainissement de la Corse. A côté des grands travaux, il faudra faire la part des mesures que j'indiquais déjà dans un Rapport à l'Académie de Médecine comme étant les premières à prendre pour l'assainissement de la Corse : destruction méthodique des *Anopheles;* protection mécanique contre leurs piqûres; large emploi de la quinine à titre préventif et à titre curatif ([1]).

Il est d'autant plus nécessaire de prendre immédiatement ces dernières mesures que les grands travaux projetés demanderont pour leur achèvement une vingtaine d'années et que, pendant la durée de ces travaux, l'établissement d'un grand nombre de chantiers de terrassements pourrait devenir la cause d'une recrudescence de l'endémie.

Une commission d'assainissement composée d'ingénieurs, de médecins et d'agriculteurs, disposant des fonds nécessaires, rendrait, je crois, de grands services pour l'application de ces mesures. Les médecins étudieraient la répartition exacte du paludisme par la recherche de l'index endémique et la répartition des gîtes des *Anopheles;* ils organiseraient, dans toutes les localités insalubres, le traitement préventif par la quinine; les ingénieurs s'occuperaient de la destruction des moustiques (par la suppression ou par le pétrolage des mares d'eau stagnante), et de la protection des habitations contre l'accès de ces insectes; les agriculteurs rechercheraient les mesures à prendre pour mettre les terres en valeur, la culture intensive du sol étant une des mesures les plus efficaces à opposer au paludisme.

Pour que l'emploi préventif de la quinine se généralise dans un pays, il est indispensable qu'on mette à la disposition des habitants de la quinine de bonne qualité et à très bas prix. Une loi spéciale à la Corse, calquée sur les lois italiennes relatives à la quinine d'État, à sa vente et à sa distribution gratuite aux travailleurs et aux indigents, me paraît indispensable.

GÉOLOGIE. — *Sur les mylonites de la région de Savone.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Jean Boussac.**

Nous avons exposé dans une Note toute récente ([2]) un premier résultat de nos explorations géologiques en Ligurie. Il est désormais acquis, pour

([1]) A. Laveran, *Rapport sur la prophylaxie du paludisme en Corse* (*Académie de Médecine*, 24 décembre 1901).

([2]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1361.

nous, que le pays de *schistes lustrés* et de *roches vertes* baigné par la mer entre Sestri Ponente et Celle Ligure fait partie intégrante de l'Apennin. La série cristallophyllienne qui forme ce pays ne diffère de la série sédimentaire ophiolitique de l'Apennin que par le métamorphisme; et ce métamorphisme n'apparaît pas brusquement. Il y a toute une bande, dirigée du sud au nord, de la côte à Voltaggio, bande dont la largeur varie de quelques centaines de mètres à plus de 3^{km}, où l'on voit, dans les assises, la cristallinité naître, progresser et, finalement, tout envahir.

Cela étant, et, d'autre part, le régime alpin, caractérisé par des plis couchés vers l'ouest, commençant, à n'en pas douter, dans le pays de Permo-Houiller métamorphique au sud de Savone, rien ne pouvait être plus intéressant que d'étudier le rôle tectonique du *massif cristallin ligure*. Ce massif de gneiss, d'amphibolites et de granite, qui constitue la côte entre Celle Ligure et Zinola et qui, dans la montagne, s'avance jusqu'à Altare, jusqu'aux approches du M. San Giorgio et jusqu'à Corona et à Stella, ne serait-il pas l'élément tectonique séparant l'Apennin des Alpes?

Or, voici ce que nous avons constaté dès nos premiers jours de courses. Le *massif cristallin ligure* est, en très grande partie, formé de mylonites, c'est-à-dire de roches écrasées, ou laminées, ou tout à la fois écrasées et laminées. *Ce pays de roches cristallines est un pays broyé.* Aucune contrée d'Europe, à notre connaissance, ne montre ni une pareille ampleur, ni une semblable généralité des phénomènes d'écrasement. La proportion des mylonites aux roches intactes est ici plus grande qu'en Corse, ou à l'île d'Elbe, ou en Laponie suédoise; plus grande même que dans la région de Saint-Étienne, sur le bord oriental du Plateau central français. Le Savonese sera certainement, dans quelques années, la terre classique pour l'étude des mylonites.

Les roches singulières et aberrantes qui résultent de l'écrasement n'ont pas échappé à l'attention des géologues italiens. Pareto [1], en 1846, signalait déjà le caractère *protoginique* du granite des environs de Savone. M. de Stefani [2], en 1887, plaçait dans la série des *apenninites*, sous le nom de *grauwackes*, des sortes de brèches auxquelles il attribuait une origine sédimentaire et qui sont en réalité des brèches de broyage. M. S. Franchi, à qui l'on doit la première description pétrographique un peu précise des roches

---

(1) L. Pareto, *Descrizione di Genova e del Genovesato*, Gênes, 1846.

(2) C. de Stefani, *L'Apennino fra il colle dell' Altare e la Polcevera* (*Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. VI, 1887, p. 225-263).

du massif cristallin ligure ([1]), montrait, en 1893, l'existence de la structure *cataclastique* dans tous les échantillons étudiés par lui, échantillons que l'on sent avoir été choisis, cependant, parmi les moins broyés, parmi les plus semblables aux roches saines des contrées tranquilles. En 1893 encore, M. G. Rovereto ([2]) parlait des *apenninites noduleuses et granitiques;* et, ce qu'il nommait ainsi, ce sont évidemment nos mylonites. En 1895, le même géologue ([3]) décrivait, parmi les gneiss, les amphibolites et les granites du Savonese, des types *bréchiformes* dont l'origine restait pour lui énigmatique, des types *schisteux* dus au laminage, des types *aphanitiques* où l'on reconnaît aujourd'hui nos roches à écrasement complet, et de prétendus *phénomènes de contact*, interprétés comme phénomènes de métamorphisme, mais qui ne sont que l'exagération de l'écrasement sur les bords du massif. Enfin, en 1909, M. G. Rovereto joignait à une très importante Note de géologie tectonique ([4]) une carte détaillée d'une partie du massif cristallin ligure; et il dessinait, sur cette carte, des bandes de *granite laminé*. Le texte de la même Note mentionnait çà et là des écrasements, soit dans le granite lui-même, soit dans le Trias ou les roches vertes qui reposent sur le massif granitique.

Mais toutes ces mentions restaient timides, incomplètes et imprécises. Personne n'a vu, semble-t-il, en tout cas personne n'a osé dire que l'écrasement, le broyage, le laminage sont *les traits géologiques dominants*, *les véritables caractères* du massif cristallin ligure, ceux qui font que ce massif ne ressemble à aucun autre. Il est arrivé aux mylonites ligures, comme à toutes les mylonites, d'être confondues avec des gneiss, et, plus souvent encore, d'être confondues avec des roches décomposées qui ne valent pas la peine d'être étudiées, qui ne méritent même pas d'être recueillies ([5]).

Il y a, dans le *massif cristallin ligure* tel que M. Franchi l'a défini en 1893 et tel qu'il est figuré sur la *Carta geologica delle Alpi occidentali* publiée en

---

([1]) S. Franchi, *Nota preliminare sulla formazione gneissica e sulle roccie granitiche del massiccio cristallino ligure* (*Bollett. del R. Comit. geol. d'Italia*, série 3, vol. IV, 1893, p. 43-69).

([2]) G. Rovereto, *La serie degli scisti e delle serpentine antiche in Liguria* (*Atti della Soc. Ligustica di Scienze nat.*, anno IV, fasc. II, 1893).

([3]) G. Rovereto, *Arcaico e paleozoico nel Savonese* (*Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. XIV, 1895, p. 37-75).

([4]) G. Rovereto, *La zona di ricoprimento del Savonese e la questione dei calcescisti* (*Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. XXVIII, 1909, p. 389-418).

([5]) P. Termier, *Sur les mylonites de l'île d'Elbe* (*Comptes rendus*, t. 152, p. 827).

1908 par le R. Ufficio geologico, du granite, des amphibolites (ou des pyroxénites ouralitisées), et des gneiss à biotite. Ces divers termes sont *mylonitisés*, mais de façon très inégale. Comme toujours, c'est le granite qui a le plus souffert; c'est lui surtout qui est transformé en des roches innommables, et, à cause de cela, la part qui lui est faite actuellement sur les cartes géologiques est très insuffisante. Sur la carte à $\frac{1}{25000}$ de M. Rovereto [1] la plupart des assises désignées comme *gneiss tipici* sont des mylonites granitiques. Sur la carte des Alpes occidentales, à $\frac{1}{400000}$, on a rapporté aux gneiss (notation 34) ou au Permo-Houiller (notation 25) beaucoup de granite écrasé et laminé, entre Quiliano et Savone, par exemple sous le village et le fort de la Madonna del Monte.

A vrai dire, le granite du Savonese n'est jamais absolument indemne, jamais parfaitement sain : et c'est la raison de l'épithète *protoginique* que lui décernait Pareto. Dans ce massif, long de 16^{km}, large de 8^{km}, que traversent quatre ou cinq grandes routes, il n'y a pas une seule carrière ouverte dans le granite, pas même pour l'empierrement : tant la roche est fracturée et friable. C'est dans les gorges de la Sansobbia, à l'amont d'Ellera, ou encore dans la haute vallée du Letimbro, près du M. Porcheria que le caractère granitique est le mieux conservé. La roche, presque saine, correspond alors très exactement aux descriptions de M. Franchi [2] : granite fréquemment porphyroïde, alcalin; à grands cristaux assez frais, gris perle, de microcline-microperthite; à cristaux plus fins, très blancs, d'albite séricitisée; à quartz très abondant, en grains irréguliers, gris violacé; à biotite noire, presque toujours en voie de chloritisation, et s'entourant alors d'une tache verdâtre ou rouillée qui envahit les feldspaths voisins. L'aspect est analogue à celui du granite alcalin de la Corse orientale (*protogine* de M. Nentien). Dans tous les échantillons, il y a des traces plus ou moins évidentes de froissement et de concassage : gros feldspaths cassés et recimentés; joints de friction remplis d'un mélange cataclastique.

On observe tous les passages entre ce granite presque sain et les mylonites les plus singulières: voici les stades principaux. — 1. Granite fissuré et bréchiforme. Des fissures, de quelques millimètres ou de quelques centimètres de largeur, courent en tout sens, comprenant entre elles des débris de toute forme et de toute dimension de granite plus ou moins sain. Chaque fissure est une zone de friction (*quetschzone*) pleine de petits débris. Aux affleurements, la dissolution plus active de ces zones met les gros morceaux de granite en relief; mais la cassure est déjà chaotique et d'aspect peu grani-

(1) G. ROVERETO, *loc. cit.*, Note de 1909.

(2) S. FRANCHI, *loc. cit.* p. 59 à 62.

tique. La biotite a disparu. La teinte générale est vert clair. — 2. Granite incomplètement écrasé, laminé. La roche est orientée. Amandes de quartz. Lits feldspathiques blancs, tachés de vert, onduleux. Joints chloriteux verdâtres ou rouillés, avec beaucoup de mica blanc secondaire. Aspect de fromage à moisissures vertes. — 3. Laminage plus intense. Aspect de gneiss chloriteux, avec lits grisâtres de quartz, lits blancs de feldspath, lits verts de chlorite. — 4. Écrasement incomplet sans laminage. Pas d'orientation. On voit encore quelques gros grains de quartz, dans un fin mélange, encore discernable, de feldspath blanc, de chlorite, de séricite. Joints rouillés, parfois avec oligiste secondaire. Aspect général de fromage blanc et vert. — 5. Écrasement plus complet. Roche grise ou gris verdâtre clair. Aspect trachytique. Aucun minéral n'est vraiment discernable à l'œil nu. — 6. *Purée* parfaite. La roche est devenue semblable à un pétrosilex, ou à un phonolite, ou à une sorte de cire verdâtre dure. La cassure est esquilleuse, presque homogène. C'est le type *kakirite* de la Laponie suédoise, ou le type de la roche compacte de Montrambert, près de Saint-Étienne. Çà et là, quelques veinules blanches, ou quelques grumeaux plus clairs, ou encore des taches noires. — 7. Laminage de la purée précédente. Cela donne un schiste sériciteux doux au toucher, ressemblant à un talcschiste, avec des zones blanches et des zones noires. Il n'y a plus rien qui rappelle le granite.

Tout cela se voit merveilleusement sur la route d'Albissola à Stella, ou encore près de Cameragna et de Sanda, ou près de la Madonna del Monte, ou aux environs d'Altare, ou au Monte Negino. L'écrasement le plus complet coïncide presque toujours avec le bord du massif, c'est-à-dire avec le contact du Permien, du Trias ou des Schistes lustrés. Les *phénomènes de contact* du granite du Savonese existent, mais ce sont des phénomènes purement mécaniques.

Les gneiss sont souvent intacts, et forment parfois des régions relativement étendues, d'aspect tranquille. Telle est la région du Monte Cucco, au nord de Savone, traversée par la route de Savone à Albissola, et qui donne tout à fait l'illusion d'un pays gneissique *en place*. Ce sont (¹) des gneiss à biotite alternant avec des micaschistes quartzeux très fins. Ils ont, dans le Monte Cucco, une allure assez régulière; mais cette région régulière est traversée par quelques bandes d'écrasement complet, de faible largeur. Une autre contrée gneissique est la croupe du Monte Ciuto, depuis les environs de Cadibona jusqu'un peu au nord de la Madonna del Monte : là, les mylonites abondent. Ce sont généralement des brèches, parfois à blocs très gros pouvant avoir, par exemple, 50^{cm} de plus grande dimension, mêlés de la façon la plus chaotique à des débris fins. Les gros blocs sont faits de gneiss assez bien conservé. Ces brèches de gneiss broyé sont admirables aux alentours du fort du Monte Ciuto. Çà et là apparaissent, dans les gneiss, des amas granitiques, toujours plus écrasés et plus chloritisés

(¹) S. Franchi, *loc. cit.*, p. 52 et suiv.

que les gneiss eux-mêmes. A la descente de Sanda sur Celle Ligure, les gneiss contiennent des amas lenticulaires d'une aplite blanche à tourmaline : et l'on observe de curieuses mylonites d'aplite, avec dislocation, concassage et pulvérisation des amas, comme à Porto Longone, dans l'île d'Elbe.

Les amphibolites et les pyroxénites ouralitisées, qui forment une large bande entre Ellera et Santuario, qui reparaissent à Monte Moro et près de Cadibona, et qui abondent encore aux environs d'Albissola superiore, alternent souvent avec des gneiss et renferment aussi des amas granitiques. Elles sont très fréquemment broyées et à l'état de brèches (Monte Moro, Ellera, Albissola superiore) : ces produits de broyage contiennent encore des débris presque intacts, et il est rare que la hornblende en ait entièrement disparu par chloritisation. Brèches et mylonites ont une couleur noirâtre, ou bleu noir, qui les distingue immédiatement des brèches et des mylonites de gneiss et de granite.

Nous avons dit que la mylonitisation est à son comble sur les bords du massif, prés du contact avec le Permien, le Trias ou les Schistes lustrés. Il faut ajouter que, *près du contact*, ces derniers terrains sont eux-mêmes, fréquemment, et parfois énergiquement, mylonitisés, et c'est ce qu'a très bien vu M. Rovereto [1]. Les calcaires triasiques, à Corona et à Prato Grande, sont broyés et pulvérisés; les quartzites du Trias, qui apparaissent dans ces mêmes gisements en de petites lentilles, sont écrasés finement et recimentés par du quartz. Il y a, près de Prato Grande, des brèches de blocs permiens, sous le Trias. A Vetriera, on observe, entre les Schistes lustrés et les mylonites granitiques, des brèches à débris de calcschistes et de roches vertes. Dans la vallée de Cà da Volta, au sud de Stella, les brèches de roches vertes, qui reposent sur les mylonites granitiques, ont parfois plus de 20^m d'épaisseur : elles renferment des débris de calcschistes, d'euphotides, de serpentine, et ont un aspect de pépérite; elles sont elles-mêmes surmontées par des serpentines ou des gabbros fortement laminés. Enfin, dans le Permien cristallin, entre Quiliano et Romasca, il y a tout un amas de gneiss très feldspathique, d'un type analogue à celui du Grand-Paradis : et cette roche *permienne*, profondément distincte des gneiss liés au massif granitique, est elle-même plus ou moins écrasée.

Tout indique que c'est par une violente *intrusion mécanique*, et comme *forcé* à la façon d'un coin, que le *massif cristallin ligure* s'est fait sa place

(1) G. Rovereto, *loc. cit.*, Note de 1909.

entre le pays apennin des schistes lustrés et des roches vertes à l'est, et, à l'ouest, le pays, déjà alpin, du Permo-Houiller métamorphique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les fluorhydrates de fluorures alcalins.* Note de M. DE FORCRAND.

C'est une propriété bien caractéristique des fluorures alcalins que la tendance qu'ils possèdent à former des fluorhydrates de fluorures anhydres et relativement stables.

Berzélius avait déjà décrit les deux combinaisons : NaF, HF et KF, HF, le premier rhomboédrique, le second cubique, et M. Guntz a trouvé que ces deux composés ont une stabilité assez grande mesurée par les nombres $+ 17^{Cal},1$ et $+ 21^{Cal}$ environ.

Les fluorhydrates de fluorures de rubidium et de cæsium du même type ont été isolés et sommairement décrits, pour le rubidium, en 1905, par MM. Chabrié et Bouchonnet ([1]), puis par MM. Eggeling et Meyer ([2]), et pour le cæsium, en 1902, par M. Chabrié ([3]).

J'ai préparé ces deux dernières combinaisons par les procédés connus. D'ailleurs on trouve aujourd'hui dans le commerce, sous le nom de « fluorure de rubidium », un produit qui n'est autre que le fluorhydrate : RbF, HF, sensiblement pur, retenant seulement un peu d'eau qu'il perd, en peu de jours, à froid, par dessiccation sous cloche en présence de neige phosphorique.

Le fluorhydrate du fluorure de cæsium est beaucoup plus difficile à obtenir cristallisé ; on doit laisser ses dissolutions saturées dans le vide, en présence de neige phosphorique, pendant plusieurs semaines pour avoir des cristaux, lesquels retiennent encore une dose d'eau notable (environ $\frac{1}{8}$ de H^2O). Pour l'avoir anhydre, il faut chauffer ces cristaux humides à 160° (température qui est justement celle de la fusion du fluorhydrate de fluorure), pendant 2 heures, dans un courant d'hydrogène sec. Dans ces conditions il n'y a pas encore perte d'acide fluorhydrique, ce qui indique déjà une stabilité très grande.

L'étude thermique de ces combinaisons m'a paru utile, attendu que les fluorures neutres m'avaient donné la progression suivante :

([1]) *Comptes rendus*, t. 140, janvier 1905, p. 90.
([2]) *Zeit. an. Chem.*, t. XLVI, août 1905, p. 174.
([3]) *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, t. XXVI, juin 1902, p. 221.

	Chaleur	
	de dissolution.	de formation.
	Cal	Cal
NaF	— 0,6	+111,40
KF	+ 4,11	+108,79
RbF	+ 5,80	+107,85
CsF	+ 8,37	+106,58

et qu'il était intéressant de vérifier si la même régularité se retrouverait pour la fixation de 1^{mol} de HF gazeux sur chacun d'eux.

Voici les résultats que j'ai obtenus, vers + 15° :

	Chaleur de dissolution.	Chaleur de formation à partir du NaF sol. et HF gaz.
	Cal	Cal
NaF, HF	— 6,2	+ 17,10
KF, HF	— 5,98	+ 21,56
RbF, HF	— 5,31	+ 22,58
CsF, HF	— 3,73	+ 23,57

En réalité, pour tenir compte du changement d'état de la molécule d'acide fluorhydrique qui se fixe, il faudrait retrancher des quatre nombres de la dernière colonne la chaleur de solidification de HF, soit + 8^{Cal},8. On aurait alors, pour le phénomène chimique seul, sans changement d'état, les nombres qui suivent :

	Cal
NaF sol. + HF sol.	+ 8,3
KF sol. + HF sol.	+12,76
RbF sol. + HF sol.	+13,78
CsF sol. + HF sol.	+14,77

Ces résultats donnent lieu à quelques remarques :

1° Comme il arrive toujours, le sodium, tout en présentant une allure analogue à celle des trois autres métaux, s'en écarte pourtant notablement; le potassium, le rubidium et le cæsium se ressemblent au contraire à tous les points de vue.

2° Pour la chaleur de dissolution, aussi bien des fluorures acides que des fluorures neutres, le rubidium donne des nombres intermédiaires entre ceux fournis par les combinaisons de potassium et de cæsium, nombres qui se rapprochent cependant toujours un peu plus de ceux du potassium.

3° Au point de vue de la chaleur de formation, le rubidium donne des résultats qui sont presque exactement ceux que fournirait le calcul des moyennes ; ainsi :

$$\frac{108,79 + 106,58}{2} = 107,68,$$

tandis qu'on trouve 107,85;

$$\frac{21,56 + 23,57}{2} = 22,565,$$

au lieu de 22,58, comme il arrive d'ailleurs pour les poids atomiques ;

$$\frac{39,13 + 132,80}{2} = 85,96,$$

au lieu de 85,45.

Pour cette triade, les différences de stabilité sont donc exactement proportionnelles aux différences des poids atomiques (ou des poids moléculaires des composés comparables), et si l'on représente ces variations par une construction graphique sur quadrillé, les trois points figuratifs sont toujours en ligne droite. J'ai fait déjà bien des fois cette remarque.

4° Mais, tandis que, pour les fluorures neutres, la stabilité va en diminuant de Na à Cs, elle augmente au contraire régulièrement de Na à Cs pour les fluorhydrates de fluorures. Et, comme ces différences de signe contraire sont presque les mêmes de l'un à l'autre en grandeur absolue, il en résulte que si l'on calcule la chaleur de formation des fluorhydrates de fluorures à partir des éléments, ou bien à partir du métal, du fluor et de l'acide fluorhydrique, les quatre résultats seront très voisins. On trouve en effet :

$$\begin{aligned}
&\text{Na sol.} + \text{F gaz} + \text{HF gaz} = \text{NaF, HF sol.} + \overset{\text{Cal}}{128,50}\\
&\text{K sol.} + \text{F gaz} + \text{HF gaz} = \text{KF, HF sol.} + 130,35\\
&\text{Rb sol.} + \text{F gaz} + \text{HF gaz} = \text{RbF, HF sol.} + 130,43\\
&\text{Cs sol.} + \text{F gaz} + \text{HF gaz} = \text{CsF, HF sol.} + 130,15
\end{aligned}$$

En particulier, pour les trois derniers métaux, les nombres sont à ce point voisins qu'on ne peut répondre des différences obtenues.

5°. S'il est vrai que les métaux alcalino-terreux et alcalins doivent être classés, ainsi que je l'ai proposé (¹), dans l'ordre suivant :

$$\frac{\text{Ca}}{2} \quad \text{Li} \quad \frac{\text{Sr}}{2} \quad \frac{\text{Ba}}{2} \quad \frac{\text{Ra}}{2} \quad \text{Na} \quad \text{K} \quad \text{Rb} \quad \text{Cs},$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, janvier 1911, p. 27.

du moment que l'aptitude à former des fluorhydrates s'accuse de plus en plus de Na à Cs, il est à présumer qu'elle sera moindre pour le radium que pour le sodium, plus faible encore pour le baryum, qu'il ne sera guère possible d'isoler des fluorhydrates avec les fluorures de lithium et de calcium, et que cette propriété doit être considérée comme bien caractéristique des métaux alcalins (le lithium excepté). Telles sont du moins les prévisions. Il y aurait lieu de reprendre sur ce point d'anciennes expériences de Berzélius et de Frémy, qui leur sont contraires, sur les fluorhydrates de calcium, de lithium et de baryum; mais les composés qu'ils croient avoir isolés étaient hydratés et appartiennent par suite à un autre type de combinaison.

6° D'après sa chaleur de formation, $NaF + HF$ doit bouillir vers 300°, c'est-à-dire qu'il doit commencer à perdre de l'acide fluorhydrique à 200° environ dans un courant de gaz inerte. Au contraire, $CsF + HF$ ne peut bouillir qu'au-dessus de 500°; aussi peut-on le chauffer, sans perte d'hydracide, à sa température de fusion (160°) dans un courant d'hydrogène sec, ainsi que je l'ai observé.

7° Pratiquement, c'est le fluorure de cæsium qui sera le plus apte à absorber les vapeurs fluorhydriques. Dans la préparation du fluor, par exemple, il pourrait avantageusement remplacer les fluorures de potassium, et surtout de sodium, pour retenir les dernières traces d'hydracide.

Les fluorures de rubidium et de cæsium peuvent, comme celui de potassium, s'unir à un excès plus considérable d'acide fluorhydrique, pour former des combinaisons analogues à $KF, 2HF$ et $KF, 3HF$.

J'ai commencé l'étude de ces composés, qui d'ailleurs ont déjà été entrevus. Ils m'ont paru avoir une stabilité tout à fait comparable à celle des composés analogues donnés par le fluorure de potassium, mais le maniement de pareilles substances, qui dégagent aisément des vapeurs fluorhydriques, devient pénible et même dangereux aux températures de l'été dans notre climat. Aussi, j'ai dû remettre la suite de ces recherches à une saison plus favorable.

RAPPORTS.

Sur les changements du niveau du sol en Provence, à la suite du tremblement de terre du 11 juin 1907, par M. Ch. Lallemand (1).

Les grands séismes tantôt s'accompagnent de dénivellations permanentes [jusqu'à $0^m,80$ à Nô-Bi (Japon), 1891 (2), et $0^m,66$ à Messine, 1908 (3)], tantôt ne modifient en rien le niveau superficiel du sol [exemples : Agram, 1880 (2); San-Francisco, 1906 (2)].

A la suite du tremblement de terre signalé en Provence, le 11 juin 1909, l'Académie, préoccupée de l'existence possible de changements de cette nature, avait, le 6 septembre suivant, émis le vœu que le Ministère des Travaux publics voulût faire répéter les nivellements antérieurement exécutés dans la zone dévastée ; la comparaison des altitudes anciennes et nouvelles de repères communs aux deux opérations devait, le cas échéant, mettre en évidence les déplacements verticaux subis, dans l'intervalle, par ces repères.

Pour satisfaire à cette demande, le Service du Nivellement général de la France, durant le cours de l'année 1910, a réitéré, dans la zone ébranlée, le nivellement de 464 kilomètres de lignes de 1er, 2e, 3e et 4e ordres, une première fois nivelées en 1888 et 1908. Cette zone (voir la Carte ci-après), large d'environ 90^{km} et haute de 35^{km}, est limitée aux méridiens d'Arles et de Rians (à l'est de Meyrargues) d'une part, et de l'autre aux parallèles de Cavaillon sur la Durance, et de Gardanne.

Une première comparaison des anciens et des nouveaux nivellements a porté sur les repères situés dans la région périmétrale, où l'intensité des secousses n'a pas dépassé le numéro VI (vibration des vitres, ébranlement des meubles, mais sans renversement d'objets dans les appartements) de l'échelle de Rossi-Forel. Cette discussion a fait ressortir, aux erreurs

---

(1) Présentée dans la séance du 29 mai 1911.

(2) Ch. Lallemand, *Sur la mesure des mouvements généraux du sol au moyen de nivellements répétés à de longs intervalles* (*Comptes rendus*, 13 janvier 1908).

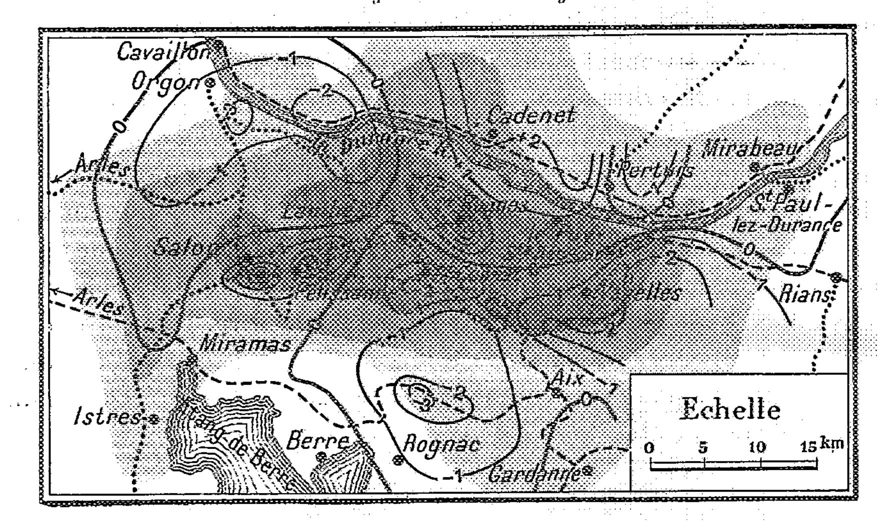
(3) Ch. Lallemand, *Sur les affaissements du sol causés par le tremblement de terre de Messine* (*Comptes rendus*, 8 août 1910).

d'observations près, l'invariabilité, depuis leur nivellement primitif, d'un certain nombre de repères situés à Cavaillon, Arles, Miramas, Gardanne, Rians et Saint-Paul-lez-Durance.

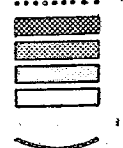
Entre ces repères réputés stables, M. le conducteur Leroy, sous la direction de M. l'ingénieur Prévot, a fait une compensation générale des nivellements de 1910 et, pour chacun des repères, a calculé la discordance entre

Région de la Provence éprouvée par le tremblement de terre du 11 juin 1909.

Carte des discordances relevées entre les anciennes et les nouvelles altitudes des repères nivelés avant 1908 et vérifiés en 1910.



Erreurs probables accidentelles correspondantes.



Lignes de nivellement des 1er et 2e ordres .... 1mm par kilomètre.
Lignes de nivellement des 3e et 4e ordres .... 3mm »
Zone de destructions partielles ou totales d'édifices.
Murs lézardés, chutes de plâtras et de cheminées.
Renversement d'objets dans les appartements; tintement des cloches.
Arrêt des pendules; oscillation des lustres; ébranlement d'objets; trépidation des vitres; tintement des sonnettes.
Courbe d'égale discordance entre les anciennes et les nouvelles altitudes.
Correction, en centimètres, à ajouter aux altitudes primitives pour avoir les altitudes nouvelles des mêmes repères. (Le signe + correspondrait à des relèvements, le signe — à des affaissements du sol.)

l'ancienne altitude et la nouvelle. Comme on le voit sur la carte, cette discordance oscille entre -3^{cm} et $+4^{cm}$.

Dans la région considérée, l'erreur probable des nivellements de 3e ordre

étant de $\pm 3^{mm}$ par kilomètre, la discordance probable, entre l'ancienne et la nouvelle opération, est de

$$\pm 3^{mm}\sqrt{2} = \pm 5^{mm} \text{ environ par kilomètre}$$

et une discordance quadruple, soit de

$$\pm 2^{cm} \text{ pour } 1^{km},$$

ou de

$$\pm 2^{cm}\sqrt{L} \text{ pour un tronçon de L kilomètres,}$$

n'a qu'une probabilité fort minime de 0,007 et peut dès lors être considérée comme représentant, de fait, la limite des erreurs à craindre.

Les écarts effectivement constatés ne dépassent nulle part cette limite. On est donc fondé à dire que, du fait du séisme de 1909, *le sol de la Provence, dans l'ensemble, n'a subi aucun changement appréciable d'altitude.*

Une particularité, toutefois, est à signaler. Dans la zone de destruction d'édifices, on relève deux écarts maxima, d'environ $+4^{cm}$, qui correspondraient à des relèvements du sol. Ils portent sur deux groupes de repères, distants d'une quinzaine de kilomètres et situés, l'un à Rognes, l'autre près de Pélissanne, c'est-à-dire au voisinage de l'épicentre. De part et d'autre de ces deux groupes et sur un parcours de 4^{km} à 5^{km}, la discordance s'évanouit complètement ou à peu près, ce qui, pour ce parcours, représente le maximum possible de variation, car

$$\pm 2^{cm}\sqrt{5} = \pm 4^{cm},5 \text{ environ ;}$$

mais, vu sa faible probabilité de $\frac{1}{110}$, cet écart limite devrait se rencontrer une fois au plus, au lieu de 4, sur le réseau considéré, dont les 464^{km} de développement équivalent à une centaine de tronçons de chacun 4^{km} à 5^{km} de longueur. Les erreurs propres des opérations n'expliquent donc pas complètement ces écarts anormaux.

Le séisme de 1909 *pourrait dès lors avoir provoqué, à Rognes et aux abords de Pélissanne, c'est-à-dire au voisinage de l'épicentre, sur de petites plages elliptiques de* 2^{km} *à* 6^{km} *d'étendue, un léger soulèvement du sol, pouvant atteindre* 4^{cm} *au plus.*

Toutefois ce dernier chiffre est trop proche de la limite des erreurs du nivellement pour que, dans la conclusion précédente, on puisse voir autre chose qu'une simple hypothèse.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère de l'Intérieur, Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques. Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France. Tome trente-neuvième (année 1909).

2° *Bref och Skrifvelser af och till* Carl von Linné. Första afdelningen. Del V.

ASTRONOMIE. — *Éléments de l'orbite d'une nouvelle petite planète.* Note de M. **Louis Maneng**, présentée par M. Bigourdan.

Le 3 mars 1909, M. J. Baillaud découvrit, sur un cliché de la Carte du Ciel, une petite planète qui disparut assez rapidement. Le calcul de l'orbite de cet astre m'ayant été proposé, après examen des données, je pris pour bases du travail les observations des 5, 11 et 16 mars. La distance de 1°27' entre les positions les plus éloignées constituait un cas assez défavorable. La recherche de l'incertitude relative dans la détermination des distances géocentriques extrêmes me donna la valeur 0,074 évidemment assez forte. Les résultats du calcul sont les suivants :

Éléments provisoires de la planète 1910, KM.

E = 1910, mars 5,5, t. m. de Paris	$i = 5°.3'.13'',0$
$M = 238°.52'.17'',2$	$\varphi = 10.49.42,4$
$\varpi = 277.36.44,9$	$\mu = 885,65$
$\Omega = 147.59.2,0$	$\log a = 0,401831$

Les positions de la planète, du 20 mai au 2 juin 1911, ont d'abord été transmises à divers Observatoires. Voici les coordonnées voisines de l'opposition :

Dates. 1911.	α.	δ.
Juin 6,5...........	$18^h.19^m.8^s,9$	$-14°.45'.48'',5$
» 10,5...........	18.16.20,2	−14.47.23,7
» 14,5...........	18.13.13,5	−14.50.51,8

Dates. 1911.	α.	δ.
Juin 18,5	18h. 9m.53s,4	—14°.56′.12″,4
» 22,5	18. 6.25,0	—15. 3.23,0
» 26,5	18. 2.54,3	—15.12.21,9
» 30,5	17.59.27,2	—15.23. 0,7
Juillet 4,5	17.56. 9,8	—15.35.12,8
» 8,5	17.53. 7,6	—15.48.49,6

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'analyticité des solutions de certaines équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Maurice Gevrey**, présentée par M. Émile Picard.

I. Appelons *solution régulière* d'une équation aux dérivées partielles, dans une certaine région R, toute solution continue ainsi que celles de ses dérivées qui figurent dans l'équation.

Soit alors l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = a\frac{\partial z}{\partial x} + cz + f, \tag{1}$$

ou toute autre qui s'y ramène [1]. Si les coefficients de l'équation sont, en

---

[1] Voir ma Note des *Comptes rendus* (20 février 1911), à laquelle je renvoie pour les notations. [Je signale une erreur d'impression : page 429, ligne 21, *au lieu de* $-f(y, \eta)$, *lire* $-f(\xi, y)$]. Depuis la publication de cette Note, je me suis aperçu qu'une méthode analogue à celle que j'indique dans le paragraphe 3 a déjà été employée, *pour le cas elliptique*, par M. Lichtenstein (*Comptes rendus*, octobre 1909), qui s'appuie sur des formules données par M. Dini; il existe précisément des formules assez analogues dans le cas parabolique. Comme dans ce dernier cas d'ailleurs, la résolution du problème de Dirichlet au moyen d'une équation intégrale linéaire permet de démontrer, pour l'équation du type elliptique, avec le minimum d'hypothèses sur les coefficients, le théorème de M. Picard sur les séries de solutions (*Acta mathematica*, t. XXV).

A un autre point de vue, M. Hadamard a indiqué récemment (*Comptes rendus*, 1er mai 1911), un mode de formation de la *solution fondamentale* de l'équation linéaire à deux variables du type parabolique. Il n'est pas indispensable de la ramener au type canonique qu'il a indiqué, mais simplement au type (1) de la présente Note.

Ceci évite un changement d'inconnue; de plus, le calcul est aussi valable, dans le

tout point de R, des fonctions analytiques *de la variable x*, toute solution régulière est aussi analytique *par rapport à x*.

Il en est de même pour les solutions régulières de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = f\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}\right),$$

si f est, dans la région R et pour les valeurs qu'y prennent z et $\frac{\partial z}{\partial x}$, une fonction analytique de x et z, $\frac{\partial z}{\partial x}$.

Enfin, dans le cas de l'équation

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = f\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right),$$

f étant analytique en x et z, $\frac{\partial z}{\partial x}$, $\frac{\partial z}{\partial y}$, toute solution régulière est analytique par rapport à x, si ses dérivées secondes sont continues (cette condition est même un peu trop restrictive, il suffit que les dérivées premières admettent un certain mode de continuité).

Ces propositions se démontrent, soit par le calcul de la limitation des dérivées successives de z en un point, soit par l'extension au champ complexe des méthodes d'approximations successives données pour le champ réel. Les résultats obtenus découlent alors de l'analyticité, par rapport à x, de la fonction [1]

$$u(x, y) = -\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int\int_{S_y} \frac{1}{\sqrt{y-\eta}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4(y-\eta)}} f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta.$$

II. Les deux méthodes que je viens de signaler permettent aussi de

---

cas de $n+1$ variables, pour toutes les équations qui se ramènent à la forme

$$\sum_1^n \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} - \frac{\partial u}{\partial y} = \sum_1^n a_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu.$$

La connaissance de la solution fondamentale permet, d'après les résultats de ma Note, la formation, pour l'équation proposée elle-même, d'une *fonction de Green* fournissant la solution de tout problème aux limites relatif à un même contour. Mais ceci exige deux séries d'approximations successives.

(1) Cf. E.-E. Levi, *Rendiconti di Palermo*, t. XXIV, 1907; *Annali di Matematica*, t. XIV, 1908.

démontrer que la fonction u est analytique en y, si $f(x, y)$ est analytique en y seulement. Les résultats précédents sont encore exacts, quand on considère la variable y au lieu de x, à la condition de supposer la région R limitée par deux segments AB, CD de caractéristiques, et deux arcs AC, BD, d'équations $x = X_1(y)$, $x = X_2(y)$, X_1 et X_2 étant holomorphes et z prenant sur ces arcs une succession de valeurs analytique en y.

Dans le cas où le second membre de l'équation est fonction analytique de x et y, il en est de même pour toute solution régulière dans les conditions indiquées.

Tout ce qui précède se généralise dans le cas de $n+1$ variables : par exemple toute solution régulière de l'équation

$$\sum_1^n \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} - \frac{\partial u}{\partial y} = f\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, y, u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_n}\right)$$

est analytique par rapport aux variables $x_1, x_2, \ldots, x_p$, si f est analytique en $x_1, \ldots, x_p$ et $u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_n}$ $(p \leq n)$.

III. Les résultats précédents attirent l'attention sur la nature analytique des solutions des équations aux dérivées partielles relativement à une seule variable ou à un groupe de variables. Dans le cas elliptique, par exemple dans le cas de l'équation $\Delta z = f(x, y, z, p, q)$, toute solution régulière est fonction analytique *de x seul*, si f est analytique en x et z, p, q. Dans le cas de l'équation $f(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$, pour une solution régulière telle que $4f'_r f'_t - f'^2_s > 0$, f étant analytique *en x* et z, p, q, r, s, t, l'étude de la nature analytique de z se rattache à la résolution du problème de Dirichlet, dans l'hypothèse où la fonction f serait simplement pourvue d'un certain nombre de dérivées. Ceci constitue une généralisation de certains résultats obtenus par M. Bernstein (*Mathematische Annalen*, t. LIX, LXII, LXIX) qui suppose f analytique par rapport à tous ses arguments. La méthode se rapproche de celle que j'ai suivie pour l'équation (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formes réduites des transformations ponctuelles à deux variables. Application à une classe remarquable de séries de Taylor.* Note (¹) de M. S. **Lattès**, présentée par M. P. Appell.

1. Dans le domaine d'un point double pris pour origine, une transfor-

(¹) Présentée dans la séance du 29 mai 1911.

mation ponctuelle à deux variables prend l'une des formes suivantes, après un changement de variables linéaires,

$$(a) \begin{cases} x_1 = S_1 x + f(x, y), \\ y_1 = S_2 y + \varphi(x, y), \end{cases} \quad (b) \begin{cases} x_1 = S x - y + f(x, y), \\ y_1 = S y \quad + \varphi(x, y), \end{cases} \quad (c) \begin{cases} x_1 = S x + f(x, y), \\ y_1 = S y + \varphi(x, y). \end{cases}$$

Nous supposerons $|S_1|$, $|S_2|$, ou $|S|$, différents de zéro et inférieurs à 1; $f(x, y)$, $\varphi(x, y)$ sont des fonctions holomorphes pour $x = y = 0$ et ayant un développement en série entière qui commence par des termes du second degré.

On peut, dans chacun des trois cas précédents, déterminer deux fonctions holomorphes $\lambda(x, y)$, $\mu(x, y)$, *nulles à l'origine et telles qu'après le changement de variables*

$$u = \lambda(x, y), \qquad v = \mu(x, y); \qquad u_1 = \lambda(x_1, y_1), \qquad v_1 = \mu(x_1, y_1),$$

les transformations (a) (b) (c) *prennent respectivement les formes réduites*

$$(\mathrm{A}) \begin{cases} u_1 = S_1 u, \\ v_1 = S_2 v, \end{cases} \quad (\mathrm{A}') \begin{cases} u_1 = S^\alpha u + k v^\alpha, \\ v_1 = S v, \end{cases} \quad (\mathrm{B}) \begin{cases} u_1 = S u - v, \\ v_1 = S v, \end{cases} \quad (\mathrm{C}) \begin{cases} u_1 = S u, \\ v_1 = S v. \end{cases}$$

La forme (A) vaut pour le cas où aucun des deux *multiplicateurs* S_1, S_2 de la transformation (a) n'est égal à une puissance entière de l'autre; la forme (A′) pour le cas contraire où $S_1 = S_2^\alpha$ $(\alpha = 2, 3, \ldots)$; k est une constante égale à 0 ou à 1.

Les fonctions cherchées $\lambda(x, y)$, $\mu(x, y)$ sont fournies par des équations fonctionnelles qui, pour le cas (b), par exemple, sont les suivantes :

$$(1) \qquad \lambda(x_1, y_1) = S\lambda(x, y) - \mu(x, y); \qquad \mu(x_1, y_1) = S\mu(x, y).$$

L'existence d'un pareil système de fonctions n'avait été établie jusqu'ici d'une façon générale que dans le cas (A) [1].

Voici la démonstration, pour le cas (b) par exemple, une marche analogue s'appliquant aux autres cas.

Soient x_n, y_n les nombres déduits de x, y en itérant n fois la transformation (b). On précise la façon dont x_n, y_n tendent vers zéro pour n infini en démontrant des iné-

---

(1) *Voir* Leau, *Étude sur les équations fonctionnelles* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. XI, 1897; *Thèse*, Paris, 1897). Pour les cas (A′), (B), (C), M. Leau suppose $|S| < \frac{1}{2}$. — Lattès, *Sur les équations fonctionnelles* (*Annali di Matematica*, 1906; *Thèse*, Paris, 1906).

galités de la forme suivante :

$$(2)\qquad \begin{cases} |x_n| < A[|S|+\varepsilon]^n + B|S|^n, \\ |y_n| < C[|S|+\varepsilon]^n + D|S|^n, \end{cases}$$

où A, B, C, D sont indépendants de n et où ε est un nombre indépendant de x, y, n, assez petit pour que $|S|+\varepsilon$ soit inférieur à 1. Ceci posé, on démontre tout d'abord que, pour n infini, $S^{-n}y_n$ a une limite qui est une fonction de x, y holomorphe dans un certain domaine $|x| < h$, $|y| < h$: cela revient à établir la convergence uniforme de la série

$$\Sigma(S^{-n-1}y_{n+1} - S^{-n}y_n) = \Sigma S^{-n-1}(y_{n+1} - Sy_n) = \Sigma S^{-n-1}\varphi(x_n, y_n)$$

dans ce domaine; cette convergence résulte aisément des inégalités (2) et du fait que le développement de $\varphi(x_n, y_n)$ commence par des termes du second degré. Si l'on désigne par $\mu(x, y)$ la limite dont on établit ainsi l'existence, on a

$$\lim S^{-n-1}y_{n+1} = \mu(x, y), \qquad \lim S^{-n}y_{n+1} = \mu(x_1, y_1);$$

d'où la deuxième des équations fonctionnelles (1). Cette première partie de la démonstration est la généralisation pour deux variables d'une méthode employée par M. Kœnigs dans le cas d'une variable (¹).

On démontrera ensuite que $S^{-n-1}[Sx_n + n\,\mu(x_n, y_n)]$ a, pour n infini, une limite qui est une fonction holomorphe de x, y ; cela revient à établir la convergence uniforme d'une série dont le terme général est encore de la forme $S^{-n-1}\Psi(x_n, y_n)$, $\Psi(x, y)$ étant une fonction holomorphe dont le développement commence par des termes du second degré. On vérifie immédiatement que la limite $\lambda(x, y)$ ainsi déterminée vérifie la première des équations fonctionnelles (1).

2. Considérons une série de Taylor $\Sigma u_n z^n$ dans laquelle u_{n+2} soit une fonction holomorphe donnée $\theta(u_{n+1}, u_n)$ de u_{n+1} et de u_n; nous supposons u_0, u_1 choisis dans le domaine d'un point double u, c'est-à-dire d'un point u tel que $\theta(u, u) = u$. Une pareille relation de récurrence entre les u_n se ramène aisément à une transformation telle que (a), (b), (c) (²). Nous supposons $|S_1|$, $|S_2|$ ou $|S|$, inférieurs à 1. On peut utiliser les formes réduites (A), (B), ... C'est ainsi que j'ai pu démontrer (³), pour le cas (A), que la série de Taylor définissait une fonction méromorphe ayant pour pôles simples les points $S_1^{-\alpha}\,S_2^{-\beta}$ (α, β entiers $\geqq 0$). Ayant établi les nouvelles formes

---

(¹) Kœnigs, *Recherches sur les équations fonctionnelles* (*Annales de l'École Normale*, 1884).

(²) Voir ma Note *Sur la convergence des relations de récurrence* (*Comptes rendus*, 2 mai 1910).

(³) *Sur les séries de Taylor à coefficients récurrents* (*Comptes rendus*, 30 mai 1910).

réduites (A'), (B), (C), je puis maintenant énoncer les nouveaux résultats suivants [1].

Cas (B) : $S_1 = S_2 = S$. — *La série représente une fonction méromorphe qui a pour pôles d'ordre p les points* S^{-p} $(p = 0, 1, 2, \ldots)$, *ou certains de ces points.*

Cas (A') : $S_1 = S^\alpha S_2 = S$. — *La série représente une fonction méromorphe qui admet, pour pôles d'ordre* $p+1$, *les points* $S^{-p\alpha}$, $S^{-p\alpha-1}$, $S^{-p\alpha-2}$, …, $S^{-p\alpha-p+1}$ $(p = 0, 1, 2 \ldots)$ *ou certains de ces points.*

Le cas (C) ne peut pas se présenter ici.

PHYSIQUE. — *L'agitation moléculaire dans les fluides visqueux.* Note de MM. **Jean Perrin** et **Niels Bjerrum**.

Les lois des gaz et l'extension de ces lois aux solutions, *puis aux émulsions* [2], montrent que l'énergie cinétique moyenne est, à une température donnée, la même dans tous les fluides, pour toute molécule, tout assemblage de molécules, ou toute *poussière*, et permettent de la déterminer. Cette détermination a été faite pour des émulsions aqueuses à la température ordinaire. Il semble utile de poursuivre la vérification pour des fluides sans cesse plus visqueux, et surtout il serait important (Nernst) de pouvoir approcher de l'état où la rigidité des solides apparaît.

Nous avons cherché, dans une première étape, à observer des émulsions où la viscosité du liquide intergranulaire fût au moins 100 fois plus grande que celle de l'eau.

On réalise aisément de telles émulsions en délayant une émulsion concentrée de grains de gomme gutte dans de la glycérine (qui ne dissout pas les grains et qui ne les agglutine pas). Les grains avaient été obtenus par centrifugation fractionnée; leur rayon a, mesuré par des méthodes déjà décrites, était de $0^\mu,385$.

Le liquide intergranulaire qui a servi aux mesures contenait 88 pour 100 de glycérine. Sa viscosité était 1,28 (unités C.G.S.) à 21°,5 et 1,17 à 23°,3, températures entre lesquelles ont été faites les expériences. Cette viscosité a donc toujours été plus de 115 fois plus grande que celle de l'eau à 20°.

---

(1) La démonstration en sera donnée dans le travail que j'annonçais dans la Note précédente, travail dont j'ai retardé la publication pour pouvoir donner des résultats plus complets.

(2) Jean Perrin, *Comptes rendus*, 1908-1911, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1909.

Le mouvement brownien, très amoindri, est pourtant perceptible et peut encore se mesurer. La projection du déplacement sur un axe, au sens d'Einstein (projection du segment qui joint le point de départ au point d'arrivée), était, pour 5 minutes, d'environ 2^{μ}.

Dans les mesures antérieures, on avait mesuré la projection horizontale des déplacements. Pour changer les conditions, on a ici mesuré leur composante verticale, grâce à la vis micrométrique du microscope. Les déterminations, assez grossières, donnent, par une centaine de déplacements, en appliquant la formule d'Einstein (c'est-à-dire en admettant l'équipartition de l'énergie), la valeur 64.10^{22} pour la constante N d'Avogadro (valeur probable $68,5.10^{22}$).

D'autre part, comme les molécules d'une colonne gazeuse verticale, qui s'écrase sous son propre poids, les grains abandonnés à eux-mêmes doivent (comme on l'a vérifié dans l'eau) prendre en fonction de la hauteur la répartition qui correspond à l'équilibre entre la pesanteur, qui sollicite tous ces grains dans un même sens, et l'agitation moléculaire, qui les dissémine sans cesse.

Dans le cas actuel, les grains, dont la densité Δ est 1,1942, étaient plus légers que le liquide (dont la densité δ était 1,2256 à la température 23°,3 du thermostat où se trouvait la préparation). C'est donc dans les couches supérieures que l'accumulation des grains doit se produire, en vérifiant, si les lois des gaz sont encore applicables, l'équation du nivellement barométrique

$$\frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\log\frac{n_0}{n} = \frac{4}{3}\pi a^3 g(\Delta - \delta)h,$$

$(\Delta - \delta)$ étant ici négatif et égal à $-0,0314$. Les concentrations n_0 et n se mesurent par photographies de deux tranches horizontales d'émulsion dont on obtient la distance h en multipliant le déplacement vertical h' du microscope par le rapport 0,925 des indices de réfraction des milieux (liquide intergranulaire et huile de cèdre) que sépare le couvre-objet.

C'est ce que l'on constate : les grains s'accumulent lentement *dans les couches supérieures*. L'état de régime est atteint après 2 jours environ, la concentration doublant alors chaque fois qu'on s'élève d'à peu près 30^{μ} dans l'émulsion. De façon plus précise, l'équation précédente donne pour $\mathrm{N}.10^{-22}$, après 2, 3, 4 et 5 jours, par utilisation d'environ 3000 grains, répartis en une vingtaine de tranches, respectivement les valeurs 76, 73, 66, 74; soit en moyenne la valeur 72.10^{22} pour N (valeur probable $68,5.10^{22}$).

Des mesures analogues ont été tentées dans un liquide à 93 pour 100 de

glycérine, ayant une viscosité 230 fois plus grande que celle de l'eau, et où le mouvement brownien était encore juste perceptible. Mais la répartition de régime permanent ne put être atteinte, parce que dans ce milieu les grains se collent aux parois de verre quand ils les rencontrent. Cette circonstance même permettra, par une autre voie, suivant une méthode actuellement appliquée par M. Léon Brillouin, de voir si l'équipartition de l'énergie subsiste pour ces viscosités.

Bref, les lois des gaz parfaits restent applicables à des émulsions dont la viscosité dépasse le centuple de celle de l'eau.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Application de la syntonie acoustique et électrique à l'hydrotélégraphie; méthode pour la réaliser.* Note de M. André Blondel.

J'ai indiqué, il y a quelques années [1], l'application à la télégraphie sans fil de la syntonisation acoustique; j'ai reconnu plus récemment qu'on peut retirer des avantages encore plus grands de la syntonisation acoustique et électrique dans la transmission des signaux par l'eau, ou « hydrotélégraphie ». Les signaux de ce genre sont produits généralement au moyen de cloches immergées, comme dans l'expérience célèbre de Colladon, et recueillis au moyen d'un microphone également immergé et relié à un téléphone écouteur; ce sont ces trois appareils dont je syntonise les sons fondamentaux, au moyen des procédés que je vais décrire, et qui m'ont servi à les étudier.

Ma méthode repose sur l'emploi de mon oscillographe combiné avec un microphone [2], et sur la comparaison avec un électrodiapason.

1° *Cloche.* — Les vibrations de la cloche frappée, dans l'air puis sous l'eau, au moyen d'une batterie à main, ont été relevées au moyen d'un microphone étanche, ayant une fréquence propre très notablement supérieure à celle de la cloche et un amortissement assez élevé; un oscillographe était mis en circuit avec ce microphone; un second oscillographe avec un électrodiapason à 200 périodes par seconde. On constate ainsi qu'un coup frappé sur la cloche produit, même dans l'eau, une série prolongée de vibrations,

---

(1) *Comptes rendus*, 21 mai 1900.

(2) Les relevés oscillographiques ont été réalisés avec le concours de mes assistants, MM. Polack et Camillerapp, ingénieurs-électriciens.

dont l'amortissement par le liquide environnant est supérieur à la valeur obtenue dans l'air, mais beaucoup moins grand qu'on ne pourrait le croire *a priori*.

La cloche en bronze, employée pour ces essais, était relativement légère ($23^{kg},5$) et donnait à l'oreille un son voisin du son ut_5, généralement adopté pour ces transmissions, afin de les distinguer des bruits parasites. La mesure oscillographique a donné dans l'air environ 1025 vibrations doubles, avec

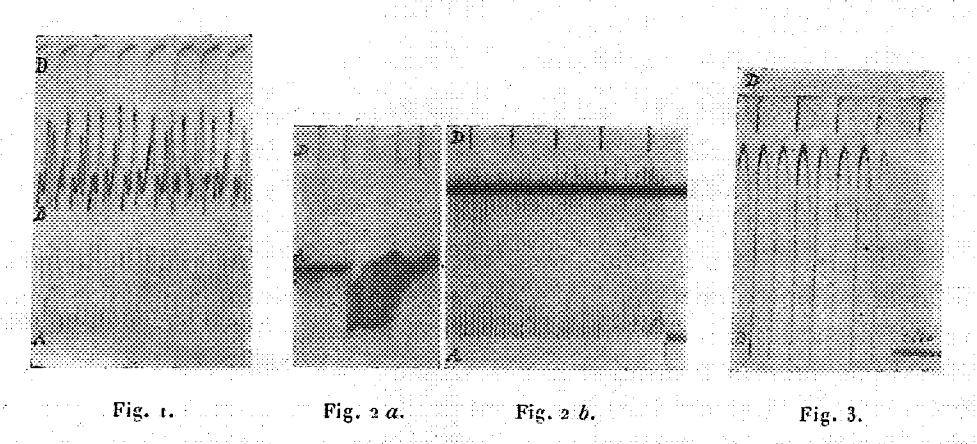


Fig. 1. Fig. 2 *a*. Fig. 2 *b*. Fig. 3.

Fig. 1. — Vibrations d'une cloche immergée dans l'eau, enregistrées par 2 microphones différents A et B et par un électrodiapason au $\frac{1}{200}$ de seconde (courbe D). Le microphone B comporte une liaison intérieure par tige; le microphone A une simple liaison par pression d'air.

Fig. 2 *a*. — Oscillations propres du microphone A (à air) par l'effet d'un coup de pistolet.

Fig. 2 *b*. — Oscillations à la résonance du même microphone A dans l'eau sous l'action d'une sirène spéciale (l'horizontale noire fait partie d'un tracé qui enregistre le nombre de tours de la sirène).

Fig. 3. — Oscillations à la résonance du microphone B (à tige) sous l'action de la même sirène.

un décrément logarithmique de $2,4.10^{-4}$, et dans l'eau environ 750 vibrations doubles par seconde, avec un décrément logarithmique de $8,8.10^{-4}$. Il en résulte que les vibrations durent assez longtemps, non seulement pour donner l'impression d'un son musical dans le récepteur, mais encore pour pouvoir déterminer dans celui-ci des phénomènes de résonance, s'il est convenablement établi. Mais les courbes relevées ont montré que des battements plus ou moins accentués se produisent et que la fréquence varie assez notablement avec l'amplitude de l'élongation; il convient d'accorder les

récepteurs sur la fréquence correspondant aux fortes élongations, car ce sont celles qui ont la plus grande portée utile.

2° *Microphone.* — Le microphone de réception est formé en général d'une membrane métallique fermant une boîte étanche et agissant sur des contacts imparfaits (microphone à charbons) par une transmission mécanique ou par l'air; cette membrane est susceptible d'une vibration propre caractérisée (son fondamental) avec amortissement assez lent dans l'air, plus rapide quand l'appareil est dans l'eau (ce qui allonge naturellement la pseudo-période). Mais, en fait, le phénomène est compliqué par l'influence de la transmission intérieure et de la vibration propre du microphone à charbon, auquel la membrane transmet les oscillations de l'eau. Suivant le mode de la liaison entre la membrane et le contact microphonique, j'ai trouvé d'extraordinaires différences entre les appareils de diverses constructions.

On en jugera, par exemple, par les courbes de courant de la figure 1, dont la courbe supérieure D correspond à l'électro-diapason, la courbe moyenne B à un microphone à capsule et membrane de charbon reliée par tige à la membrane métallique, et la courbe inférieure A à un microphone dont la membrane de charbon n'est reliée à la membrane métallique que par une couche d'air. Ces deux microphones, placés dans l'eau au voisinage de la cloche vibrante, se comportent, comme on le voit, très différemment, et le courant intègre l'ensemble des phénomènes. Le microphone B est mauvais pour cette application.

Pour déterminer les conditions véritables de résonance, j'ai donc dû recourir à une méthode directe ([1]), qui consiste à faire agir sur la membrane métallique une source sonore de puissance constante et dont la fréquence peut être variée d'une manière continue, de façon à déterminer le moment où l'amplitude passe par un maximum. J'ai imaginé et fait construire une sirène spéciale mue électriquement, réalisant sensiblement ces

([1]) Avant de recourir à cette méthode, qui a seule donné des résultats sûrs, j'avais étudié d'abord les oscillations propres en les produisant par un choc d'un levier léger, et mieux par la déflagration d'une amorce au fulminate près du microphone. La figure 2 représente, par exemple, les oscillations propres du microphone A à l'air libre sous l'action d'une amorce; elle indique une fréquence d'environ 1250 oscillations par seconde; en répétant la même expérience dans l'eau, ce nombre a varié de 1250 à 700. Pour le téléphone B, les chiffres sont aussi variables : 850 dans l'air, 800 à 400 dans l'eau. Ces divergences, qu'on retrouve d'ailleurs dans les microphones ordinaires à granules, montrent que la membrane intérieure et les granules du microphone sont susceptibles de vibrations irrégulières et indépendantes de la vibration de la membrane métallique.

conditions dans les limites de 250 et 2500 vibrations par seconde et pouvant être employée aussi bien dans l'eau que dans l'air.

Avec cet appareil, j'ai obtenu des phénomènes de franche résonance, avec amplification de 1 à 6 ou davantage. Par exemple, les figures 2 et 3 représentent des courbes obtenues à la résonance respectivement avec les microphones A et B définis ci-dessus; les nombres de vibrations correspondants sont respectivement environ 2000 et 400, bien que les membranes métalliques soient sensiblement pareilles. Cela montre combien le microphone à tige est influencé par cette liaison. Je suis arrivé ainsi à la conclusion qu'il y a lieu de coller directement la membrane en charbon (avec interposition d'isolant) contre la membrane métallique, de façon à réaliser une seule fréquence, et à pouvoir employer la membrane de sensibilité maxima pour la fréquence considérée.

3° *Téléphone.* — Le téléphone récepteur doit être à son tour mis en syntonie électromécanique avec la fréquence des signaux, avant d'être mis en service avec le microphone. Ce résultat peut être obtenu facilement par un choix convenable du diamètre et de l'épaisseur de la membrane, ainsi que des constantes électriques de sa bobine. Je détermine la fréquence qui produit la résonance approximativement en alimentant cet appareil à tension constante par un alternateur sinusoïdal dont je fais varier la fréquence d'une manière continue et en notant celle qui rend maximum l'amplitude de l'oscillation d'un miroir collé sur la membrane [1].

La syntonie complète, obtenue par les moyens qui précèdent, permet non seulement d'augmenter considérablement la portée des signaux hydrotélégraphiques, mais encore de trier les signaux de plusieurs postes différents, en employant pour ceux-ci des fréquences différentes; il est seulement désirable qu'elles soient comprises entre les limites les plus favorables à l'audition, c'est-à-dire généralement entre 500 et 1200 vibrations.

OPTIQUE. — *Sur le second spectre de l'hydrogène dans l'extrême rouge.* Note de M. F. Croze, présentée par M. Lippmann.

Le second spectre de l'hydrogène, dont l'origine a fait l'objet de tant de

(1) Le réglage de l'épaisseur de la membrane peut être remplacé par un réglage de la longueur de la plaque vibrante, ou de l'élasticité mise en jeu, si l'on emploie un des monotéléphones à fréquence réglable qui ont été décrits par M. Abraham et par moimême en 1908.

discussions et dont la structure est encore inconnue, semble présenter dans la distribution de l'intensité et de la position des raies qui le constituent une régularité plus grande à mesure qu'on s'avance vers les grandes longueurs d'onde.

Or, tandis que le relevé de ce spectre a été fait avec une précision de plus en plus grande par Hasselberg, Furt, Dufour, Watron dans la région comprise entre λ 6527 et λ 2480 A. U., pour la région moins réfrangible nous ne possédons que les planches dessinées par Piazzi-Smith, où les raies de ce spectre sont rapportées à l'échelle des fréquences exprimées en pouces anglais. D'ailleurs ces dessins ne s'étendent pas au delà de λ 6836 A. U.

J'ai cherché à obtenir des longueurs d'onde plus grandes que cette dernière limite. Je me suis servi d'un tube en bout à capillaire assez large (3^{mm}) et contenant de l'hydrogène à la pression de 2^{mm} de mercure. L'hydrogène était préparé en chauffant du sodium sec contenu dans un tube soudé à la canalisation de la trompe.

J'ai obtenu ainsi un second spectre suffisamment intense pour être photographié dans la partie la moins réfrangible de la région visible sans qu'il ait été besoin de prolonger la pose au delà de 3 heures. Les raies qui le constituent ont été mesurées entre λ 8000 et λ 6836; leurs longueurs d'onde sont données dans le Tableau suivant avec l'estimation des intensités :

3	6852	6	6927	5	7047	8	7143	5	7234	4	7330	8	7468
9	6863	5	6945	9	7056	5	7165 dif.	8	7245	4	7337	4	7481
4	6872 dif.	8	6954	5	7061	5	7180 dif.	5	7269	7	7341	5	7496
5	6883	4	6967 dif.	7	7067	8	7186	7	7276 dif.	6	7346	5	7505
7	6887	4	6972 dif.	10	7072	5	7195	6	7286	8	7368	3	7518
3	6900 dif.	7	6980	7	7080	5	7202	7	7295	5	7380	7	7536
4	6908	5	6995	5	7097	6	7208	7	7304	5	7388	6	7546
9	6916 dif.	6	7005	7	7107	5	7216	4	7315	5	7401	5	7565
7	6923	4	7021	8	7119	5	7222	5	7321	7	7416	6	7613
4	6930	6	7036	5	7130	4	7226	10	7325	5	7445	4	7663
												3	7810
												3	8027

Il m'a été impossible de trouver une régularité bien définie dans la distribution de ces raies. J'ai pu seulement observer des variations d'intensité délimitant les groupes 7565-7368, 7368-7186, 7186-6980, 6980-6823 et qui donnent au spectre une allure assez voisine de celle des spectres des bandes. Une discussion de la signification de ces apparences sera publiée prochainement dans un Mémoire plus étendu en même temps qu'une étude d'en-

semble sur les spectres des métalloïdes dans la région des grandes longueurs d'onde.

PHYSIQUE. — *Développement physique d'une image radiographique après fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolongé de la plaque sensible irradiée.* Note de M. **M. Chanoz**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai prouvé que les rayons X, agissant sur une plaque sensible au gélatinobromure d'argent, provoquent, comme les rayons lumineux, les différentes phases du phénomène de *solarisation*. On trouve une analogie de plus entre ces radiations diverses dans la formation d'une image par développement physique, *après fixage*, de la plaque impressionnée par l'un ou l'autre de ces rayonnements.

I. *Image photographique après fixage.* — Une plaque sensible convenablement exposée à la lumière ordinaire, puis traitée par une solution d'hyposulfite de sodium (dissolvant le bromure d'argent) et lavée à grande eau, devient *transparente*, et ne présente, pour des poses moyennes, aucune trace d'impression visible à l'œil ou au microscope, ou caractéristique à l'examen ultramicroscopique (²).

On sait que si une semblable plaque, indemne *en apparence*, est immergée dans un *révélateur physique* (par exemple une solution de sulfite double d'argent et de sodium additionnée de paraphénylène-diamine), on voit au bout d'un certain temps (dépendant de la nature du bain et de la durée de pose) apparaître une image jaune verdâtre par réflexion, rouge violacé par transmission dont l'intensité (l'opacité) s'accroît dans de certaines limites, avec la durée d'action du bain révélateur.

II. *Image radiographique.* — J'ai pu mettre en évidence une image *radiographique* après fixage et la comparer à l'image habituelle obtenue par développement normal du cliché.

Irradiation. — Deux plaques Lumière (étiquette bleue) accolées par leur face gélatine sont entourées de papier noir imperméable à la lumière ordinaire. Sur ce paquet on dispose le radiochromomètre Benoist constitué par la juxtaposition d'une lamelle mince d'argent pur et d'épaisseurs d'aluminium variant de 1^{mm} à 12^{mm}.

Puis on irradie cet assemblage par le rayonnement d'un tube de Crookes (modèle Gundelach) actionné au moyen de l'appareillage spécial Gaiffe (transformateur Rochefort et turbine à mercure et gaz d'éclairage).

Pour la distance de 25^{cm} de l'anticathode aux plaques sensibles, la durée de l'irradia-

(¹) M. Chanoz, *Action des rayons X sur la plaque photographique* (*Comptes rendus*, 27 janvier 1908).

(²) D'après MM. S.-E. Sheppard and Kenneth Mees, *Investigations on the theory of the photographic process*, p. 265.

tion dans de nombreux essais a varié depuis quelques secondes à plus d'une heure.

Développement. — L'une des des plaques ainsi traitées est immergée à l'abri de la lumière dans une dissolution d'hyposulfite de sodium, puis, devenue transparente, lavée à grande eau. Cela fait, on la recouvre d'un révélateur physique ainsi constitué :

Eau distillée	125^g
Sulfite de sodium anhydre	25
Azotate d'argent cristallisé	1
Paraphénylène-diamine	1

Pour une pose suffisante et une immersion convenable dans le bain décrit, une image apparaît. On a le *négatif radiographique après fixage*, soit (A).

Ce négatif est confronté avec le négatif radiographique ordinaire (B) obtenu en traitant, à l'abri de la lumière, la deuxième plaque irradiée, d'abord par le développateur normal en diamidophénol (formule Lumière), puis ensuite, après lavage, par l'hyposulfite de sodium.

Résultats. — 1° L'opacité du cliché radiographique (A) après fixage s'accroît dans de certaines limites avec la durée d'action du révélateur physique. Cette opacité, cependant, n'a jamais atteint dans mes essais l'opacité du cliché ordinaire (B) à développement un peu poussé.

2° L'irradiation *minimum* nécessaire pour fournir la plus faible image appréciable directement à l'œil n'est pas la même pour les négatifs (A) et (B). En utilisant des rayons n° 3 de l'échelle Benoist j'ai constaté, dans les circonstances indiquées, qu'il fallait pour le négatif (A) après fixage une pose *environ* 10 fois plus forte que pour le cliché ordinaire (B).

3° Pour les irradiations moyennes les images (A) et (B) du radiochromomètre varient à peu près parallèlement. Si, par exemple, la plage correspondant à la lamelle d'argent a même opacité que celle répondant à l'épaisseur : 3^{mm} d'aluminium, c'est-à-dire si l'on trouve le n° 3 radiochromométrique avec le négatif ordinaire (B), on trouvera aussi le même n° 3 avec le cliché (A) après fixage.

4° Pour de longues irradiations, le négatif ordinaire (B) devient confus si le développement n'est pas spécialement surveillé; la distinction des diverses plages est très difficile. Dans ces mêmes conditions d'irradiation, le *négatif* (A) *donne encore des indications nettes.*

Remarque. — Peut-être, dans la pratique radiographique, y aurait-il intérêt, dans certains cas, à traiter la plaque irradiée par les rayons de Röntgen, plutôt par un révélateur physique, *après fixage*, que par un développateur chimique habituel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi de Stokes et sur une relation générale entre l'absorption et la phosphorescence*. Note ([1]) de M. **L. Brüninghaus**, présentée par M. A. Haller.

La loi de Stokes, on le sait, se rattache à l'une des questions les plus importantes concernant les phénomènes de phosphorescence des corps sous l'action de la lumière. Depuis l'époque des premières observations précises, on s'était préoccupé de trouver une relation entre la nature des rayons doués de la propriété de rendre phosphorescent un corps déterminé (rayons excitateurs), et la nature de la lumière rayonnée par la substance ainsi activée. La loi de Stokes était une solution de première approximation de ce problème fondamental.

On sait aujourd'hui que cette loi est fausse, du moins dans le sens précis que Stokes avait prétendu lui donner. Cet auteur admettait que toute radiation excitatrice E constitue une limite infranchissable (vers le violet) au spectre de phosphorescence correspondant PP'.

Les recherches modernes ont montré : d'abord, qu'une telle limite n'existe pas toujours [Lommel ([2])]; ensuite, qu'elle n'existe jamais [Nichols et Merritt ([3])]. Lorsque, dans les limites de la bande d'absorption AA' de la substance, on choisit des radiations excitatrices α, β, γ, δ, ε, de plus en plus réfrangibles, on observe que le spectre de phosphorescence PP' est représenté par la même bande, d'abord croissante (A, B, C), puis décroissante (D, E), ce qui est naturel (le pouvoir excitateur d'une radiation variant dans le même sens que le pouvoir absorbant du corps pour cette radiation).

Subsiste-t-il cependant une part de vérité dans la loi de Stokes ?

Pour les corps à bandes de phosphorescence unique à un seul maximum, le fait expérimental suivant est tout à fait général : Le maximum M de la bande de phosphorescence est toujours situé plus près de l'extrémité rouge du spectre que le maximum M' de la bande d'absorption [Lommel ([4])].

Cette loi a l'inconvénient de ne plus présenter de sens précis pour les spectres de phosphorescence et d'absorption discontinus, dont les exemples

---

([1]) Présentée dans la séance du 29 mai 1911.

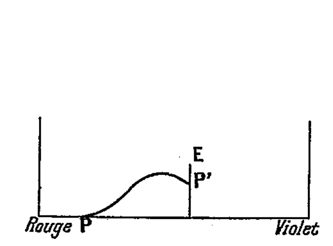
([2]) E. Lommel, *Ueber Fluorescenz* (*Pogg. Ann.*, t. CXLIII, 1871).

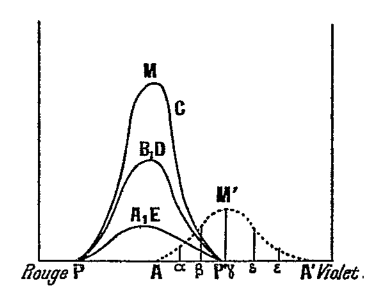
([3]) E. Nichols et E. Merritt, *Studies in Luminescence* (*Physic. Rev.*, t. XIX, 1904).

([4]) E. Lommel, *Ueber Fluorescenz* (*Pogg. Ann.*, t. CXLI, 1871). — *Wiedem. Ann.*, t. III, 1878.

sont nombreux, tant en Chimie minérale qu'en Chimie organique. On peut cependant lui donner une forme tout à fait générale.

J'ai montré précédemment (¹) que : 1° dans le cas de spectres de phosphorescence discontinus, les spectres d'absorption sont également discontinus; 2° les bandes de phosphorescence sont réparties dans le spectre en groupes, séparés par des intervalles plus ou moins étendus (il peut du reste n'y avoir qu'un seul groupe); il en est de même pour les bandes d'absorption; 3° à la condition de considérer ces groupes de phosphorescence ou





d'absorption dans leur ensemble, à la façon de larges bandes qui occuperaient la même place, on observe toujours que chaque groupe de phosphorescence est dans le voisinage immédiat d'un groupe d'absorption, quoique non confondu avec lui.

Un nouvel examen de tous les spectres actuellement connus m'a permis de me convaincre de la grande généralité du fait suivant : *Chaque groupe de phosphorescence se trouve toujours plus rapproché, dans son ensemble, de l'extrémité rouge du spectre, que le groupe d'absorption qui lui est adjacent.*

En voici quelques exemples, choisis parmi les plus typiques :

Nom de la substance phosphorogène.	Nom du solvant.	Caractéristique du spectre d'absorption, en μμ.	Caractéristique du spectre de phosphorescence, en μμ.
		1° *Corps organiques.*	
Anthracène (²)........	Alcool	4 bandes de 380 à 328	4 bandes de 450 à 380
Benzène (²)............	Alcool	7 bandes de 271 à 268	4 bandes de 310 à 267
p-Xylène (³)...........	Alcool	10 bandes de 273 à 245	10 bandes de 427 à 355
Naphtaline (²).........	Alcool	Série de bandes de 313 à l'extr. ultraviolette du spectre	9 bandes de 357 à 314
Phénanthrène (²).......	Alcool	5 bandes faibles entre 375 et 325, puis forte absorption continue	17 bandes de 453 à 298

(¹) L. Bruninghaus, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8ᵉ série, t. XX, 1910.

(²) J. Stark et R. Meyer, *Phys. Z.*, t. VIII, 1907.

(³) J. de Kowalski, *Anzeiger Akad. Wiss. Cracov.*, 1910, A. 21.

Nom de la substance phosphorogène.	Nom du solvant.	Caractéristique du spectre d'absorption, en $\mu\mu$.	Caractéristique du spectre de phosphorescence, en $\mu\mu$.
		2° Corps de la Chimie minérale en solution solide.	
Oxyde de praséodyme..	Chaux	Nitrate : 4 bandes de 481 à 444	17 bandes de 680 à 487 (¹)
Oxyde de samarium....	Chaux	Nitrate { 1 bande à 559 12 bandes de 529 à 362	18 bandes de 674 à 548,6 (¹)
Gadoline..............	Chaux	Chlorure { 1er groupe de 312 à 310 2e groupe de 306 à 305	1 bande de 319 à 317 (¹) 1 groupe de 317 à 313 1 groupe de 309 à 308 2 bandes très faibles à 283 et à 276
Oxyde de dysprosium...	Chaux	Chlorure : 10 bandes de 480 à 316	24 bandes de 675 à 454 (¹)
Terbine...............	Chaux	Chlorure : 9 bandes principales de 371 à 301	66 bandes de 633 à 372 (¹)
Erbine................	Chaux	Nitrate { 3 bandes de 480 à 471 4 bandes de 420 à 410 6 bandes de 406 à 389	3 bandes de 563 à 527 (¹) 10 bandes de 478 à 446 5 bandes de 409,5 à 404
		3° Sels d'uranyle (²).	
Nitrate d'uranyle.......	Nitrate d'uranyle	3 bandes de 470 à 437	7 bandes de 654 à 486

Les bandes des autres sels d'uranyle occupent des positions très voisines de celles du nitrate et vérifient par conséquent la même relation.

Ces résultats, rapprochés de la loi de Lommel précédemment rappelée, permettent de donner un énoncé général de la part de vérité contenue dans la loi de Stokes : *Tous les corps phosphorescents solides ou liquides présentent, dans les spectres visible et ultraviolet (qui seuls ont été observés) une prédominance de grands pouvoirs émissifs pour des radiations de longueurs d'onde plus grandes que celles qu'ils absorbent fortement.*

Ou encore : *Chez les corps phosphorescents, le spectre d'émission est décalé vers les grandes longueurs d'onde par rapport au spectre d'absorption.*

Il est facile de voir que ce caractère de l'émission par phosphorescence lui est commun avec l'émission calorifique, dans les limites usuelles d'observation (spectres visible et ultraviolet, et température ne dépassant pas 3000° à 4000°).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pression osmotique des colloïdes.* Note de M. **Jacques Duclaux** et Mme **E. Wollman**, présentée par M. E. Roux.

L'expérience a montré que la pression osmotique d'une solution colloïdale n'était pas, en général, proportionnelle à la concentration de cette

(¹) G. Urbain, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVIII, 1909.

(²) E. Becquerel, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XXVII, 1872.

solution, mais qu'elle variait beaucoup plus vite que cette concentration [1]. Ce résultat est difficilement conciliable avec la plupart des théories actuellement admises sur les colloïdes : car, pour ces théories, chaque micelle exerçant la même pression qu'une molécule ordinaire, la pression osmotique de la solution doit être proportionnelle au nombre de micelles, et par suite à la concentration. On pourrait, cependant, faire rentrer les écarts expérimentaux dans la théorie s'ils ne se manifestaient que pour des solutions concentrées, assimilables à des gaz déjà comprimés : ils s'expliqueraient alors comme s'expliquent les écarts de la compressibilité des gaz avec la loi de Mariotte aux fortes pressions, par une théorie analogue à celle de Van der Waals. Malheureusement, ce n'est pas du tout ainsi que les choses se passent : l'anomalie de la pression osmotique est déjà nettement marquée pour des concentrations très faibles, voisines de $\frac{1}{1000}$ en poids (c'est-à-dire comparables à celles de gaz sous la pression atmosphérique) et en même temps pour des pressions très petites, de l'ordre du millième d'atmosphère [2].

Il ne s'agit donc nullement de solutions concentrées, et le phénomène est bien dû à la nature colloïdale de la solution, car la pression osmotique d'un cristalloïde comme le sucre reste exactement proportionnelle à la concentration jusqu'à une teneur de 34 pour 100 en poids et une pression de 25^{atm} (Morse et Frazer).

Pour lever complètement l'objection, il fallait étudier les variations de la pression osmotique d'une solution colloïdale dans les limites les plus larges possibles. Le nombre de solutions qui se prêtent à cette étude est très petit : nous avons finalement choisi la solution de nitrocellulose dans l'acétone. Par un procédé qui sera décrit plus tard, nous sommes arrivés à préparer une nitrocellulose qui donne encore des solutions fluides pour des concentrations voisines de 20 pour 100. La pression a été mesurée en employant comme membrane semi-perméable un manchon de collodion dénitré; nous avons pu mesurer avec une exactitude suffisante (au moins 5 pour 100) des pressions dont les extrêmes sont entre elles dans le rapport de 1 à 1500. Les résultats sont les suivants (la concentration est le résidu sec à 100°, calculé en grammes pour un litre, et la pression P est évaluée en centimètres d'eau) :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 140, p. 1544. — La proportionnalité peut exister dans certains cas (Bayliss, *Kolloid-Zeit.*, t. VI, 1910, p. 23).

(2) *Journ. Chim. phys.*, t. VII, p. 433.

c......	1,16	3,65	8,33	18,8	46,2	67,2	106,3	141
P......	0,62	2,68	0,0	25,4	105	210	502	963
$\frac{P}{c}$......	0,53	0,70	0,96	1,35	2,27	3,13	4,72	6,83

Le rapport $\frac{P}{c}$, qui devrait être constant si la pression osmotique suivait les lois ordinaires, varie comme on le voit, dans le rapport de 1 à 13, et les variations sont aussi fortes pour les faibles concentrations que pour les grandes : si l'on admet comme limite de ce rapport pour des concentrations infiniment petites la valeur 0,45, on voit que cette valeur est déjà doublée pour une concentration de 0,8 pour 100, et une pression de $\frac{1}{100}$ d'atmosphère, tandis qu'il faut pour doubler le rapport correspondant dans le cas d'un gaz, l'azote par exemple, atteindre la pression de 1000^{atm} et amener sa densité au voisinage de celle de l'eau. Les phénomènes ne sont donc certainement pas comparables.

On peut le montrer encore d'une autre manière. La formule de Van der Waals, qui rend compte des écarts de la compressibilité des gaz, devrait encore ici donner des résultats approchés, sinon exacts, si les considérations dont on la déduit étaient encore applicables au cas présent. Au contraire, elle donne des résultats inacceptables : en la calculant pour les concentrations 1 pour 100, 4,5 pour 100 et 8 pour 100, on arrive à la relation suivante, la température étant de 25°,

$$(P - 0{,}0225\,c^2)\left(\frac{1}{c} - 0{,}0076\right) = 0{,}795;$$

or, non seulement cette formule ne représente pas les autres observations (elle donne, par exemple, pour la concentration 10 pour 100, $P = 556$ au lieu de $P = 450$; elle donne une pression infinie pour $c = 132$, alors qu'on peut concentrer jusqu'à $c = 180$, et indique pour le rapport $\frac{P}{c}$ du côté des basses pressions la limite 0,795, alors que la limite réelle est au plus 0,45); mais elle est encore en contradiction avec la théorie sur laquelle elle est fondée, puisqu'elle conduit à admettre une pression interne négative, le coefficient du terme en c^2 étant négatif.

Ainsi, il n'y a pas de doute que cette variation de la pression osmotique est un phénomène particulier aux colloïdes. Une théorie qui en rend compte a déjà été proposée [1], et bien qu'elle présente encore bien des

[1] *Journ. Chim. phys.*, t. VII, p. 438. — *Koll. Zeitschrift*, t. VII, p. 73.

imperfections, comme elle est la seule qui se préoccupe d'expliquer les phénomènes tels qu'ils sont, elle est aussi la seule à considérer pour le moment. J'ajouterai que, n'ayant été établie que pour les solutions aqueuses, elle s'applique encore aux solutions de nitrocellulose dans l'acétone : en effet, conformément à cette théorie qui fait des colloïdes une classe particulière d'électrolytes, ces solutions présentent une conductibilité électrique notable, fait d'autant plus difficile à prévoir par les autres théories que la nitrocellulose est à l'état sec un isolant presque parfait ([1]) et qu'elle appartient à une série de corps qui, en solution ordinaire, ne conduisent pas l'électricité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du soufre colloïdal sur le métabolisme sulfuré. Contribution à l'étude de la sulfoconjugaison.* Note de M. **L.-C. Maillard**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis plusieurs années, j'ai eu l'occasion d'étudier diverses variétés de soufre colloïdal ([2]). Les questions qui se posent au sujet de ces substances concernent un domaine très vaste, puisqu'il s'étend de la Chimie physique à la Thérapeutique, et leur étude n'est pas terminée à l'heure actuelle. Néanmoins, il peut être intéressant de détacher de ce travail un fragment qui se suffit à lui-même et qui concerne les modifications observées, à la suite de l'ingestion du soufre colloïdal, dans l'élimination par l'organisme des divers groupes de composés du soufre.

Le soufre colloïdal employé pour les présentes expériences est la variété qui prend naissance dans la réaction de H^2S ou SO^2 au sein de l'eau. Le dépôt abondant qui s'accumule au fond des vases est essoré aussi complètement que possible, redissous dans l'eau, et la solution est dialysée jusqu'à élimination des derniers restes d'acides. Le soufre colloïdal contenu dans la solution est titré par précipitation barytique, après oxydation, en H^2SO^4 par le brome suivant une technique particulière ([3]).

Le soufre colloïdal en solution à 1 pour 100 était administré à des lapins, par la sonde œsophagienne, à des doses journalières de 5^{cm^3}, 10^{cm^3}, 15^{cm^3}; soit 5^{cg}, 10^{cg},

([1]) Une pellicule simplement séchée à l'air à la température ordinaire m'a donné à 25° une résistivité spécifique de 2.10^7 mégohms, voisine de celle du verre.

([2]) L.-C. Maillard et H. Danlos, *A propos de l'introduction, dans l'organisme, du soufre colloïdal* (*Comptes rendus Soc. Biologie*, t. LXIII, 1907, p. 732).

([3]) Les détails expérimentaux seront publiés dans un Mémoire plus étendu.

15^{cg} de soufre. Les lapins étaients soumis, pendant 10 jours au moins avant toute analyse, à un régime alimentaire constant, puis on recueillait quotidiennement, pendant 3 jours, leurs urines et leurs excréments. Les mêmes récoltes étaient continuées pendant 3 autres jours, les animaux étant soumis à l'administration du soufre, puis pendant 3 derniers jours, alors que cette administration avait cessé.

Chaque jour on dosait dans les fèces le soufre total, et dans l'urine le soufre total, le soufre sulfurique total (sulfates minéraux + éthers sulfuriques) et le soufre sulfurique non ionisé (éthers sulfuriques). Par différences on connaît le soufre non sulfurique (soufre *neutre* ou incomplètement oxydé des auteurs), et le soufre sulfurique ionisé (sulfates minéraux).

Voici un exemple de ces expériences. J'indiquerai seulement les moyennes journalières des trois périodes de 3 jours, avant, pendant et après l'administration du soufre colloïdal à la dose quotidienne de 0^{g},10.

	Moyenne journalière.		
	Avant l'administration.	Pendant l'administration.	Après l'administration.
	g	g	g
Excréments. S total	0,0587	0,0611	0,0611
Urine. S total	0,1430	0,2216	0,1383
» S sulfurique ionisé	0,0935	0,1340	0,0891
» S sulfurique non ionisé	0,0161	0,0170	0,0137
» S non sulfurique	0,0301	0,0706	0,0354

Si l'on discute les chiffres de cette expérience et des autres du même genre, on arrive aux conclusions suivantes :

1° *L'absorption digestive du soufre colloïdal est presque intégrale et très rapide.*

2° *Le soufre colloïdal absorbé s'élimine en très majeure partie par l'urine, et dans les 24 heures de l'ingestion.*

3° *Le soufre supplémentaire ainsi éliminé ne se trouve à l'état sulfurique ionisable* (sulfates minéraux) *que pour une fraction à peine égale, ou inférieure, à la moitié.*

4° *L'ingestion du soufre colloïdal détermine dans les 24 heures une augmentation légère mais nette* (5-13 pour 100) *du soufre sulfurique non ionisable* (éthers sulfuriques).

5° *Lors de la suppression du soufre colloïdal, le soufre des éthers subit dans les 24 heures une chute importante, et cette baisse n'est pas simplement compensatrice de la décharge précédente, car elle est trois fois plus considérable* (15-36 pour 100 de la valeur primitive).

6° *Le soufre colloïdal ingéré s'élimine dans les 24 heures, pour une fraction voisine de la moitié, ou même supérieure, à l'état de composés non sulfuriques* (soufre *neutre*, soufre incomplètement oxydé des auteurs).

Il ne m'est pas possible actuellement de préciser la nature des composés moins oxygénés que l'acide sulfurique, qui représentent pour moitié la forme d'élimination du soufre colloïdal. Mais je dois faire remarquer que, pendant le traitement par H. Cl à chaud qu'ont nécessité toutes les analyses d'urines, je n'ai jamais observé le moindre indice de H^2S, de SO^2, ou de S précipité, qui aurait pu faire croire à la présence de sulfures, de thiosulfates ou de sulfites en quantité notable. Il ne s'agit donc pas vraisemblablement de composés minéraux, mais plutôt de substances organiques dont le soufre n'est pas encore parvenu à la forme sulfurique, stade ultime de l'échelle des oxydations successives auxquelles sont condamnés, dans l'organisme animal, le soufre et tous ses dérivés.

En présence de l'abondante provision fournie par S colloïdal, la sulfoconjugaison est renforcée, mais il y a plus. Le fait que la chute ultérieure des sulfoconjugués dépasse le taux de leur décharge, oblige à chercher de deux côtés la raison de cette disparition des corps aromatiques (ou autres sulfoconjugables). Ou bien la production intestinale des phénols serait restreinte par S colloïdal, ce que nous ignorons pour l'instant; ou bien, hypothèse plus plausible, une partie des corps aromatiques passerait, vu l'abondance du matériel soufré, à l'état de composés où S n'aurait pas encore subi l'oxygénation totale, et serait resté à l'état de sulfure ou de sulfite. Cette interprétation inciterait à rechercher, non seulement chez les animaux traités par le soufre colloïdal, mais aussi dans l'urine normale, de tels composés qui seraient des termes initiaux et inachevés de la sulfoconjugaison.

En présence de ces résultats, il me paraît bien plausible de considérer la sulfoconjugaison comme une éthérification véritable, par *déshydratation*, mettant en jeu une molécule *sulfurique* déjà oxygénée.

Toute molécule sulfurique $R-O.SO^2.OH$ serait impropre à la sulfoconjugaison. Un corps à groupe *sulfitique* $R-SO^2.OH$, telle que la taurine, pourrait peut-être déjà sulfoconjuguer le phénol, par *soudure directe :*

$$\underset{\text{Phénol.}}{C^6H^5.OH} + \underset{\text{Taurine.}}{HO.SO^2.CH^2.CH^2NH^2} = \underset{\text{Acide phénylsulfurique}}{C^6H^5.O.SO^2.OH} + \underset{\text{éthylamine.}}{CH^3.CH^2.NH^2},$$

à condition que l'étylamine fût détruite par une *oxydation* concomitante. Avec un corps à groupe *sulfuré* $R-SH$, tel que la cystéine (ou la cystine), la sulfoconjugaison aurait lieu par *sulfuration puis oxydation* consécutive, et c'est peut-être le processus normal. Du moins mes expériences démontrent que ce phénomène a lieu à partir du *soufre lui-même*.

Elles me semblent aussi comporter un enseignement thérapeutique. Lorsqu'il s'agit de faire intervenir dans les réactions de l'organisme un composé du soufre, les formes les plus oxygénées sont fatalement inertes, et l'on ne saurait rencontrer un peu d'efficacité qu'à mesure qu'on rétrograde dans l'échelle des oxydations. Le maximum d'effet thérapeutique devrait donc

être cherché d'emblée du côté du soufre lui-même, et de préférence en utilisant les formes colloïdales, qui ne se heurtent pas aux mêmes difficultés de maniement et d'action que les formes insolubles, cristallisées ou amorphes, de ce métalloïde.

CHIMIE. — *Sur l'action catalysante du sulfocyanure ferrique.* Note de MM. **H. Colin** et **A. Sénéchal**, présentée par M. L. Maquenne.

Plusieurs auteurs ont repris, dans ces dernières années, l'étude de l'oxydation des phénols en présence des sels de fer.

Les différences observées dans l'activité de quelques-uns de ces sels, tels que les ferrocyanures, le sulfocyanure et diverses combinaisons organiques, ont suggéré cette hypothèse exprimée par Wolff (1) que, « suivant qu'on engage le fer dans telle ou telle combinaison, il peut acquérir telle ou telle propriété spécifique ». Ainsi le ferrocyanure de fer colloïdal, qui possède à l'égard des phénols des propriétés peroxydasiques très intenses, est sans effet sur l'oxydation de l'iodure de potassium par l'eau oxygénée; le sulfocyanure de fer, au contraire, serait incapable de réagir sur les phénols comme le fait le ferrocyanure de fer colloïdal, alors qu'il accélère notablement la décomposition de l'iodure de potassium par l'eau oxygénée.

Dans les recherches que nous avons entreprises sur ce sujet, nous avons examiné tout d'abord l'action oxydante du sulfocyanure ferrique en présence de H^2O^2.

Avec l'hydroquinone la réaction est extrêmement énergique et rapide; il se forme de la quinhydrone en telle quantité que le liquide se prend en masse.

Ce qu'on sait de l'action de H^2O^2 sur le sulfocyanure de potassium en solution aqueuse est de nature à jeter quelques doutes sur le rôle prépondérant du fer dans l'oxydation de l'hydroquinone par le sulfocyanure ferrique.

En effet, lorsqu'on fait réagir H^2O^2 sur CSNK seul, en l'absence de fer, la liqueur devient acide et, en présence d'hydroquinone, on observe un précipité très abondant de quinhydrone.

On relève des faits analogues relativement à la décomposition de KI par H^2O^2, le sulfocyanure de potassium activant la mise en liberté de l'iode aussi bien que le sulfocyanure ferrique (2).

---

(1) Wolff, *Thèse*, Paris, 1910, p. 29.

(2) D'ailleurs, la formation d'une certaine quantité d'acide par réaction de l'eau oxygénée sur le sulfocyanure rend impossible toute comparaison entre l'action sur l'iodure de potassium de l'eau oxygénée seule et de l'eau oxygénée en présence de sulfocyanure.

Ce n'est donc pas uniquement à la présence du fer qu'il faut attribuer l'action oxydante du sulfocyanure ferrique sur les phénols et sur l'iodure de potassium.

On pourrait dès lors songer à rapporter ces oxydations au groupement sulfocyané.

En réalité cette interprétation est extrêmement douteuse, le groupement SCN étant détruit par H^2O^2. L'action de H^2O^2 sur les sulfocyanures donne, entre autres produits de décomposition, de l'acide sulfurique et de l'acide cyanhydrique. De plus, Tarugi a montré que, dans cette réaction, il se forme des acides peroxygénés du soufre ([1]).

Il est vraisemblable que c'est à ces acides qu'est due, en partie, l'oxydation des phénols. En effet, le persulfate de potassium oxyde énergiquement l'hydroquinone avec formation abondante de quinhydrone. D'autre part, si l'on fait agir, en présence d'hydroquinone, l'eau oxygénée sur une solution étendue de $SO^4KH + SO^4H^2$, conditions favorables à la formation de composés peroxygénés du soufre, on observe, après quelque temps, un précipité de quinhydrone.

Du reste le fer est certainement l'un des facteurs de l'activité du sulfocyanure ferrique, car si l'on ajoute des traces d'un sel ferrique à la solution de sulfocyanure de potassium, on accélère notablement la réaction et le liquide se prend en masse.

Il n'est donc pas légitime de parler d'une action catalytique spéciale du fer engagé dans un groupement sulfocyané, puisque ce groupement est détruit par l'action de l'eau oxygénée.

L'oxydation des phénols par le sulfocyanure ferrique en présence de H^2O^2 doit donc, en définitive, être rapportée à deux causes : d'une part, à la destruction du groupement sulfocyané avec formation d'acide persulfurique ; en second lieu, à l'action catalytique propre du fer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chromotellurates.* Note de M. **A. Berg**, présentée par M. A. Haller.

Les sels que je vais décrire se rattachent à un acide complexe, l'acide chromotellurique, non encore isolé, de formule $4CrO^3TeO^3.2H^2O$.

Chromotellurate de potassium. — Je l'ai obtenu d'une solution contenant

([1]) Tarugi, *Gazz. chim. ital.*, t. XXXIV, 1904, p. 326-349.

une molécule de bichromate de potassium, une molécule d'acide tellurique et deux molécules d'anhydride chromique. Déjà par refroidissement si la la solution est concentrée, ou par évaporation spontanée si elle est étendue, il se dépose des croûtes cristallines orangées formées de très petits cristaux indéterminables. Ce sel se dépose avec le même caractère pendant tout le temps de l'évaporation, sauf dans les dernières eaux mères chargées d'anhydride chromique et d'acide tellurique où il donne parfois des cristaux isolés microscopiques de même composition et qui m'ont paru être des prismes quadratiques pyramidés.

Ce corps est peu soluble dans l'eau froide qui ne le décompose pas sensiblement, très lentement soluble dans l'eau bouillante. Il est dès lors facile à purifier par simple lavage. Il est anhydre et répond à la formule

$$4CrO^3TeO^3.2K^2O.$$

Il semblerait que ce sel devrait se former lorsqu'on dissout dans l'eau le bichromate de potassium et l'acide tellurique dans les proportions correspondant à sa formule, soit deux molécules du premier pour une du second. Mais dans ces conditions on obtient d'abord le dépôt d'une assez grande partie du bichromate n'entraînant avec lui qu'un peu de tellure, et ce n'est que dans les eaux mères riches en acide tellurique que le chromotellurate se dépose à son tour. Il ne se forme donc qu'en présence d'un excès d'acide tellurique. La présence d'acide chromique libre semble aussi faciliter sa formation.

Chromotellurate d'ammonium. — Il prend naissance dans les mêmes conditions que le précédent, en remplaçant le bichromate de potassium par celui d'ammonium. On obtient encore des croûtes cristallines orangées dont les cristaux sont un peu plus volumineux et qui sont plus facilement et plus abondamment solubles daus l'eau. Il répond à la formule

$$4CrO^3TeO^3.2(NH^4)^2O.$$

Autres chromotellurates. — J'ai tenté de préparer d'autres sels de cet acide. Ceux de sodium et de sesquioxyde de chrome sont extrêmement solubles et je n'ai encore pu les obtenir dans un état de pureté satisfaisant. Dans le cas du calcium il se forme un tellurate et non le chromotellurate.

Constitution. — Si l'on considère que l'acide tellurique cristallise hydraté avec la formule $TeO^4H^2.2H^2O$ et peut être retardé comme l'acide tellurique normal $Te(OH)^6$, ce qui confirme la détermination de son poids molé-

culaire et l'existence de tellurates correspondants (tels que ceux d'argent, de mercure, de cuivre, de zinc, etc.), on peut admettre que les sels précédents dérivent du premier anhydride de l'acide normal $TeO(OH)^4$.

Le sel de potassium pourra s'écrire

$$TeO(OCrO^2OK)^4.$$

Il serait difficile autrement d'expliquer dans ces sels la présence de 4^{at} de métal monoatomique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les pyridinopentachloro-iridates.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une précédente Note sur les pyridinopentachloro-iridites [1], j'ai mentionné l'existence d'une nouvelle série de sels complexes, les pyridinopentachloro-iridates, dont je vais résumer les préparations et les propriétés. Ces sels ont avec les pyridinopentachloro-iridites les mêmes rapports que les hexachloro-iridates avec les hexachloro-iridites :

$[Ir(C^5H^5N)Cl^5]M$-Pyridinopentachloro-iridate..... $[IrCl^6]M^2$-Hexachloro-iridate.
$[Ir(C^5H^5N)Cl^5]M^2$-Pyridinopentachloro-iridite..... $[IrCl^6]M^3$-Hexachloro-iridite.

On pourrait imaginer qu'ils prissent naissance comme les pyridinopentachloro-iridites par substitution de la pyridine à une molécule de chlorure alcalin des hexachloro-iridates, mais cette substitution est irréalisable parce que la pyridine agit comme base sur le chloro-iridate primitif ou le chloro-iridate pyridiné, même à froid, et conduit, par conséquent, à un pyridinopentachloro-iridite. La transformation du chloro-iridate de pyridine $[IrCl^6](H.C^5H^5N)^2$ en pyridinopentachloro-iridate de pyridine $[Ir(C^5H^5N)Cl^5](H.C^5H^5N)$ suivant la réaction d'Anderson, si facile avec le chloroplatinate de pyridine [2], n'est pas réalisable.

L'action du chlore, de l'acide nitrique ou de l'eau régale permet seule d'obtenir les pyridinopentachloro-iridates, suivant une transformation calquée sur celle des chloro-iridites en chloro-iridates; par exemple :

$$[IrCl^6]M^3 + Cl = ClM + [IrCl^6]M^2,$$
$$[Ir(C^5H^5N)Cl^5]M^2 + Cl = ClM + [Ir(C^5H^5N)Cl]M.$$

En pratique, elle se réalise avec les sels alcalins sensiblement de la même

---

(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1390.
(2) A. Werner, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, t. XV, 1897, p. 123.

manière; le virage du verdâtre des chloro-iridites au rouge brun est ici remplacé par un virage du jaune plus ou moins orangé au rouge.

L'acide nitrique doit être employé concentré, et chauffé pour éloigner les composés nitreux formés susceptibles d'agir en sens inverse. L'eau de chlore peut s'employer en solutions étendues, mais elle n'est pas à conseiller pour le sel ammoniacal en raison de l'action propre qu'elle exerce d'abord sur l'ammoniaque; son action n'est pas instantanée et, en solution très étendue, on distingue nettement l'accentuation de la couleur rose pendant près d'une heure.

J'ai préparé, par l'action des oxydants sur les composés irideux, les pyridinopentachloro-iridates de K, Na et NH^4 qui peuvent à leur tour servir à en obtenir d'autres. Ainsi les sels de Rb et Cs se précipitent si l'on décompose l'un de ces pyridinopentachloro-iridates par un sel soluble de Rb ou Cs; toutefois, dans ce cas particulier, il est plus simple encore d'ajouter peu à peu de l'eau de chlore concentrée à une solution contenant une molécule de pyridinopentachloro-iridate de K et un peu plus d'une de chlorure de Rb ou de Cs; les nouveaux sels se séparent bientôt.

Les pyridinopentachloro-iridates de NH^4, K, Rb, Cs et Na sont cristallisés, de couleur rouge foncé allant jusqu'au noir; leur poudre est rouge violacé foncé. Les quatre premiers sont anhydres et respectivement solubles entre 15°-20°, en 165, 145, 1200 et 3300 parties d'eau; l'alcool absolu se colore fortement au contact des sels de NH^4 et K, à peine avec celui de Rb et pas du tout avec celui de Cs; l'éther ne les dissout pas. Le sel de Na est hydraté, très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther. La couleur des solutions aqueuses va du rose au rouge vineux foncé suivant la concentration; dans l'alcool, on distingue nettement une nuance violacée. Ces colorations visibles à $\frac{1}{100000}$ sous 2^{cm} d'épaisseur sont donc infiniment plus intenses que celles des pyridinopentachloro-iridites; les solutions étendues se décolorent à la longue, plus vite à chaud.

Les solutions de pyridinopentachloro-iridates alcalins (K, NH^4) précipitent les sels de Tl, Ag, Hg″ et Hg′ ainsi que ceux d'un certain nombre de bases organiques ou d'alcaloïdes. Elles ne précipitent pas les sels de plomb comme le font les pyridinopentachloro-iridites (ce métal a été omis dans ma précédente Note parmi les sels précipitants, mais le lecteur aura retrouvé le pyridinopentachloro-iridite de plomb quelques lignes plus bas, à côté du sel de thallium).

La précipitation par les sels mercureux est accompagnée d'une réduction instantanée à l'état de pyridinopentachloro-iridite mercureux jaune. La précipitation par les sels de Tl, Ag et Hg″ présente un caractère remarquable : elle fournit des sels *violets*, insolubles, qu'un excès de réactif décompose rapidement en pyridinopentachloro-iridites peu colorés.

Le *nitrate d'argent* produit, à la couleur près, violet au lieu de bleu indigo, les mêmes phénomènes qu'avec les chloro-iridates et, comme le précipité violet a exactement la composition $[Ir(C^5H^5N)Cl^5]Ag$, il s'ensuit que la formule $IrCl^6Ag^2$, que j'avais attribuée au précipité bleu formé dans les chloro-iridates, est justifiée. Le composé violet est cristallisé en fines aiguilles; de même que le chloro-iridate d'argent se décompose au contact de l'eau en chloro-iridite d'argent et acide chloro-iridique, de même le composé pyridiné se détruit en pyridinopentachloro-iridite d'argent et acide pyridinopentachloro-iridique. Le sel de thallium se décompose aussi au contact de l'eau en pyridinopentachloro-iridite, mais sans colorer l'eau en rose. Le chloro-iridate de thallium, au contraire, est stable (¹).

La stabilité des pyridinopentachloro-iridates vis-à-vis des acides est très grande. Les sels d'ammonium ou de potassium, par exemple, cristallisent inaltérés après chauffage prolongé au bain-marie avec de l'acide nitrique ou de l'acide chlorhydrique; toutefois, à 150°-160° *en tube scellé*, l'acide chlorhydrique enlève la pyridine en régénérant un hexachloro-iridate, réaction parallèle à celle que M. Werner (*loc. cit.*) a signalée pour le pyridinopentachloro-platinate de pyridine. L'expérience réussit aussi avec les pyridinopentachloro-iridites; mais, par suite des réactions secondaires, on obtient encore des hexachloro-iridates.

Les alcalis, les bromures, iodures, sulfures, sulfites, hyposulfites, nitrites, hypophosphites, arsénites, ferrocyanures, oxalates et leurs acides,, les sels antimonieux, ferreux, molybdeux, stanneux, mercureux, manganeux (précipité d'oxyde brun) ramènent au jaune les solutions rouges des pyridinopentachloro-iridates et, par conséquent, la stabilité de ces derniers à leur égard revient à celle des pyridinopentachloro-iridites.

En résumé, cette Note et la précédente font connaître une quinzaine de composés iridiés nouveaux, appartenant à deux séries pyridinées; il est à peine utile de faire remarquer que leurs formules obéissent rigoureusement aux théories de M. Werner. Ce sont des composés où la pyridine est énergiquement liée à l'iridium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques nouveaux types d'acides iridoxaliques et d'iridoxalates complexes.* Note de M. A. **Duffour**, présentée par M. A. Haller.

I. Ayant eu plusieurs fois l'occasion, au cours d'un travail sur les irido-

(¹) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1079.

chloroxalates, de préparer l'acide iridoxalique $[Ir(C^2O^4)^3]H^3$, j'ai été frappé par le profond changement de teinte qu'il subit dans certaines circonstances et qui constitue l'indice certain d'une altération dont il était intéressant de rechercher la nature.

Les résultats obtenus me paraissent mériter dès maintenant d'être signalés. Ils confirment et complètent même sur certains points les observations de nombreux auteurs, de E.-A. Werner (1) et de A. Rosenheim (2) entre autres, sur des combinaisons oxaliques analogues de l'aluminium, du fer et du chrome.

L'acide iridoxalique $[Ir(C^2O^4)^3]H^3$ peut s'obtenir d'après Gialdini (3) en dissolvant à l'ébullition de l'oxyde bleu d'iridium dans une solution d'acide oxalique en excès; malheureusement, cet excès d'acide étranger ne peut être ensuite éliminé. Aussi, pour avoir ce composé pur, vaut-il mieux, comme je l'ai déjà signalé ailleurs (4), traiter l'iridoxalate triargentique par la quantité équivalente d'acide chlorhydrique.

Cet acide, pur ou mélangé d'acide oxalique, présente une belle couleur jaune d'or; mais, laissé à l'air, sa teinte brunit et passe progressivement au vert émeraude extrêmement foncé. Une condition indispensable de cette transformation est la présence d'oxygène qui paraît agir catalytiquement, car, si l'on chauffe vers 80° la liqueur altérée, elle reprend exactement son état primitif sans qu'apparaisse la moindre bulle gazeuse : si l'absorption d'oxygène eût été notable, son élimination rapide ne passerait point inaperçue.

Dans cette altération, il s'élimine de l'acide oxalique, 2 groupes C^2O^4 restant fixés à l'atome d'iridium. Il s'est fait un nouvel acide iridoxalique, monobasique, de couleur verte.

II. Il est en effet très aisé d'obtenir le sel potassique de cet acide. Il suffit d'ajouter à la liqueur verte précédente 1^{mol} de KOH par atome d'iridium. Il se fait un dépôt vert qui, recristallisé, se présente en cristaux mal formés, peu solubles, biréfringents et très dichroïques (vert olive, bleu foncé) auxquels l'analyse conduit à attribuer la formule brute

$$Ir(C^2O^4)^2K, 5H^2O.$$

Mais, sur ces $5H^2O$, 3 seulement sont chassées à 110°, sans changement

(1) *Jour. Chem. Soc.*, t. LIII, 1888, p. 404 et 602.

(2) *Zeit. an. Chem.*, t. XI, 1896, p. 175 et 225. Voir aussi t. XXVIII, 1901, p. 337.

(3) *Rendiconti dei Lincei* (II), t. XVI, 1907, p. 551.

(4) *Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux : Procès-verbaux*, 9 déc. 1909.

de teinte. Les deux autres, éliminées à plus haute température et dont le départ modifie profondément toutes les propriétés, sont de l'eau de constitution. On peut donc écrire, conformément à la notation de Werner,

$$[Ir(C^2O^4)^2(H^2O)^2]K, 3H^2O.$$

Perte d'eau à 110° : calculé pour $3H^2O$, 10,84 pour 100; trouvé 10,28; 11,12.

Ce sel vert est donc le sel potassique de ce nouvel acide complexe, l'*acide dihydrodioxalo-irideux* de couleur verte et qui résulte de la réaction

$$[Ir(C^2O^4)^3]H^3 + 2H^2O \rightleftharpoons [Ir(C^2O^4)^2(H^2O)^2]H + C^2O^4H^2.$$

Ces deux composés, l'acide aussi bien que son sel potassique, sont assez instables; sous des influences diverses, ils se transforment dans un nouveau type de complexes.

III. Si l'on ajoute, en effet, à 1^{mol} du sel vert, 1^{mol} de KOH, la solution prend aussitôt une teinte orangée. Elle abandonne après concentration, des cristaux d'un jaune orangé foncé tirant sur le rouge, peu solubles, mal formés, biréfringents, d'un dichroïsme très marqué (jaune pâle, orangé rouge) et qui, d'après l'analyse, sont représentés par la formule

$$[Ir(C^2O^4)^2(OH)(H^2O)]K^2, 2H^2O.$$

$2H^2O$ seulement s'éliminent à 110° sans changement de teinte. Le départ de l'eau restante commence vers 140° et provoque une altération profonde de toutes les propriétés, de la couleur en particulier qui devient très brune.

Perte d'eau à 110° : calculé pour $2H^2O$, 6,95 pour 100; trouvé 6,53; 7,33; 7,03.

Ce nouveau sel diffère du sel vert par la substitution, à une molécule entière d'eau, d'un radical OH qui, étant électronégatif, accroît d'une unité la valence du radical négatif. L'instabilité propre aux complexes renfermant de l'eau dissimulée explique la facilité de cette substitution.

IV. Ce sel est le sel neutre d'un *acide hydrohydroxydioxalo-irideux* bibasique, que j'ai pu isoler par l'action de l'acide chlorhydrique pur sur le sel potassique solide; celui-ci verdit légèrement tout d'abord, se dissout en partie, puis reprend une teinte jaune pâle. Le résidu, séparé et repris par l'eau pure, fournit par évaporation de beaux cristaux orangés, monocliniques, peu dichroïques, assez stables à l'air. Leur composition répond à la formule

$$[Ir(C^2O^4)^2(OH)(H^2O)]H^2, 5H^2O.$$

Ils perdent $3H^2O$ à froid sur l'acide sulfurique et deux autres molécules seulement à 110° :

		Pour 100.	Trouvé.
Eau perdue à froid : Calculé pour	$3H^2O$.....	10,88	10,58
» à 110° : »	$5H^2O$.....	18,15	17,94

Ces cristaux, qui rougissent fortement le tournesol, sont neutralisés vis-à-vis de la phtaléine avec 2KOH par molécule d'acide; ils reconstituent ainsi le sel dipotassique orangé.

V. Si l'on ajoute une seule molécule de KOH par molécule d'acide, c'est le sel acide monopotassique qu'on obtient sous la forme de jolies aiguilles prismatiques jaunes, dichroïques (jaune pâle, jaune vif) :

$$[Ir(C^2O^4)^2(OH)(H^2O)]KH, H^2O.$$

Ce sel, à l'eau de cristallisation près, est l'isomère du sel vert décrit en premier lieu. C'est là un exemple très net de l'isomérie de coordination de Werner. Cette isomérie est d'ailleurs confirmée par le fait que le sel vert, en solution aqueuse, se transforme lentement à froid, très vite à chaud dans le sel monopotassique jaune, seul stable dans ces conditions; c'est même là une circonstance très gênante pour la purification du sel vert.

Tous ces faits, qui rentrent si naturellement dans le cadre de la théorie de Werner, ne s'interprèteraient autrement qu'avec difficulté. Il serait difficile, par exemple, de se rendre compte d'une autre manière, des observations auxquelles donne lieu l'élimination de l'eau, ainsi que de l'indifférence absolue vis-à-vis des acides et des bases, du groupe OH, dont l'existence dans les dernières molécules décrites ne paraît pas douteuse.

C'est en m'inspirant de ces considérations que je me réserve de poursuivre l'étude de ces divers types de combinaisons nouvelles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des chlorures d'acides, des anhydrides d'acides et des acétones sur le dérivé monosodé du cyanure de benzyle.* Note de M. **F. Bodroux**, présentée par M. Troost.

De même que les éthers-sels (*Comptes rendus*, t. 151, p. 234 et 1357) les chlorures d'acides réagissent énergiquement sur le cyanure de benzyle monosodé.

Le *chlorure d'acétyle* donne naissance avec un très mauvais rendement au

phényl-2-butanone-3-nitrile-1

$$CH^3 - CO - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}} - CN.$$

On retrouve intacte, à la fin de l'opération, la majeure partie du cyanure de benzyle employé.

La réaction normale

$$CH^3 - COCl + 2C^6H^5 - CHNa - CN$$
$$= NaCl + CH^3 - CONa = \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{C}} - CN + C^6H^5 - CH^2 - CN$$

est contrariée par celle du chlorure d'acide sur l'ammoniac uni à la combinaison organo-métallique

$$CH^3 - COCl + 2NH^3 = NH^4Cl + CH^3 - CONH^2,$$
$$CH^3 - CONH^2 + C^6H^5 - CHNa - CN = CH^3 - CONHNa + C^6H^5 - CH^2 - CN.$$

L'*anhydride acétique* ne fournit pas de meilleurs résultats.

Le *chlorure de benzoyle* permet, au contraire, de préparer avec un rendement de 95 pour 100 le *diphényl-1.2-propanone-1-nitrile-3*

$$C^6H^5 - CO - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}} - CN$$

Avec l'*anhydride phtalique*, il n'y pas eu combinaison.

Les acétones réagissent sur le dérivé monosodé du cyanure de benzyle. Deux cas sont à considérer :

1° Celles-ci répondent à la formule

$$R - CO - CH^3.$$

Il y a double décomposition :

$$R - CO - CH^3 + C^6H^5 - CHNa - CN = R - CO - CH^2Na + C^6H^5 - CH^2 - CN.$$

Après traitement par l'eau, on retrouve inaltérées le nitrile aromatique et l'acétone. Le fait a été constaté pour la *propanone* et l'*acétophénone*.

2° Elles répondent à la formule

$$R - CO - R',$$

R et R' étant des noyaux aromatiques. On a la réaction

$$R - CO - R' + C^6H^5 - CHNa - CN = R - \underset{\displaystyle R'}{\underset{|}{C}} = \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{C}} - CN + NaOH.$$

La benzophénone a permis de préparer le *nitrile triphényl*-1.1.2-*acrylique*

$$\begin{array}{l} C^6H^5-C=C-CN, \\ \quad\quad\;\; | \quad\;\; | \\ \quad\quad C^6H^5\;C^6H^5 \end{array}$$

prismes incolores, fusibles à 166°-167°. Pour identifier ce composé avec celui que MM. Heyl et Meyer ([1]) ont obtenu en chauffant pendant 10 heures, à 215°, le cyanure de benzyle avec le diphényldichlorométhane, je l'ai hydrolysé au moyen d'une solution amylique bouillante de soude (durée de l'opération : 3 heures).

L'*amide triphényle*-1.1:2-*acrylique* ainsi obtenu

$$\begin{array}{l} C^6H^5-C=C-CONH^2 \\ \quad\quad\;\; | \quad\;\; | \\ \quad\quad C^6H^5\;C^6H^5 \end{array}$$

fond, comme celui que MM. Heyl et Meyer ont préparé, à 223°.

La *paraméthylbenzophénone* a fourni le *nitrile diphényl*-1.2-*paratolyl*-1-*acrylique*

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad C^6H^5-C=C-CN, \\ \quad\quad\quad\quad\quad\;\; | \quad\;\; | \\ CH^3-C^6H^4\,.\,C^6H^5 \end{array}$$

aiguilles blanches, fusibles à 123°; et l'*α-naphtylphénylcétone* a permis de préparer le *nitrile diphényl*-1.2-*α-naphtyl*-1-*acrylique :*

$$\begin{array}{l} C^6H^5-C=C-CN, \\ \quad\quad\;\; | \quad\;\; | \\ \quad\quad C^{10}H^7\alpha\;C^6H^5 \end{array}$$

petits prismes incolores, fusibles à 174°-175°.

Le rendement en nitrile va en diminuant à mesure que le poids moléculaire augmente : de 60 pour 100 avec la benzophénone, il est tombé à 8 pour 100 avec l'α-naphtylphénylcétone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ammoniaque sur les chloraloses.* Note de MM. **M. Hanriot** et **A. Kling**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note récente ([2]) (*Comptes rendus*, t. 152, p. 1398), nous avons

([1]) *D. ch. G.*, t. XXVIII, p. 1799.

([2]) Dans cette Note, une faute d'impression a mis dichloro *au lieu de* déchloro. Les chloraloses renfermant le groupe CCl^3, le corps qui renferme CCl^2H doit être considéré comme ayant perdu du chlore, c'est-à-dire comme un corps déchloré.

montré que l'ammoniac en solution dans l'alcool absolu remplace dans le *p*-chloralose un atome de chlore par un atome d'hydrogène. Cette réaction inattendue est cependant générale pour les divers chloraloses.

α-déchlorochloralose. — L'α-chloralose, traité comme le dérivé para, se comporte de même; le rendement est un peu plus fort (25 pour 100 du chloralose mis en œuvre). Le corps obtenu a de même pour formule $C^8H^{12}Cl^2O^6$. Il est plus soluble dans l'eau que le chloralose (4,84 pour 100 à 15°), mais surtout plus soluble dans l'alcool et l'éther qui l'abandonnent par évaporation en longues aiguilles fusibles à 165°. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 15° est $\alpha_D = +9°,96$.

Si l'on agite sa solution potassique avec du chlorure de benzoyle, on obtient une masse visqueuse qui, après purification, finit par cristalliser en aiguilles fusibles à 146°, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et l'éther; c'est le dérivé dibenzoylé $C^8H^{10}Cl^2O^6(C^7H^5O^2)^2$.

Lorsque l'on chauffe le déchlorochloralose avec 5 fois son poids d'acide nitrique de densité 1,2, il se dégage abondamment des vapeurs nitreuses et il reste une masse vitreuse presque insoluble dans l'eau. Elle se dissout bien dans l'éther; mais, au bout de quelque temps, la solution éthérée se prend en une masse gélatineuse tout à fait analogue à de la silice. Ce corps est la lactone de l'acide déchlorochloralique.

Elle se dissout bien dans l'ammoniaque concentrée, mais la solution laisse déposer par évaporation une masse gélatineuse qui s'est montrée identique avec la lactone. Celle-ci n'a donc que des propriétés acides très faibles.

Déchlorogalactochloralose $C^8H^{12}Cl^2O^6$. — Le galactochloralose se comporte avec l'ammoniaque alcoolique comme ses isomères dérivés du dextrose; il présente toutefois deux modifications, peut-être d'ordre physique. Voici comment on le prépare :

On chauffe en tubes scellés à 150°, pendant 6 à 7 heures, 100g de galactochloral avec 400cm³ d'alcool méthylique bien anhydre, saturé de gaz ammoniac. Le produit de la réaction, évaporé à sec, est repris par un mélange d'alcool et d'éther. La solution, purifiée par le noir, laisse déposer une masse huileuse qui cristallise à la longue (instantanément si l'on dispose d'un germe); on l'essore et l'on purifie par cristallisations dans l'eau. Le rendement est de 25 pour 100 du poids de chloralose employé.

On obtient ainsi un corps fondant à 96° et qui garde ce point de fusion par de nouvelles cristallisations dans l'eau ou l'alcool; mais, si on le fait cristalliser dans le chloroforme, le point de fusion s'élève brusquement à 133° et ne revient pas à sa valeur primitive par de nouvelles cristallisations dans l'eau, l'éther ou l'alcool. Il

semble donc que la dissolution dans le chloroforme ait suffi pour lui imprimer une modification durable.

Le poids moléculaire déduit de la cryoscopie a été trouvé égal à 279 (théorie 275).

Le chlorure de benzoyle le transforme en présence de potasse en un dérivé dibenzoylé $C^8H^8Cl^2O^4(C^7H^5O^2)^2$, fusible à 116°.

Hydrolysé par l'acide chlorhydrique, il fournit à la distillation des gouttelettes huileuses donnant une osazone fusible à 168° (celle du glyoxal fond à 170°). Ce corps se dédouble donc en donnant de l'aldéhyde dichlorée et vraisemblablement du galactose.

Si l'on chauffe le déchlorogalactochloral avec de l'acide nitrique ($d = 1,2$), il se dégage abondamment des vapeurs nitreuses et il reste une masse blanche, pulvérulente, volumineuse, très peu soluble dans l'eau, même à chaud. On l'épuise par l'eau bouillante et, par refroidissement, on obtient une petite quantité d'acide mucique caractérisé par son point de fusion, son analyse et son indice d'acidité.

Ainsi, contrairement aux autres chloraloses, le déchlorogalactochloralose ne donne pas, par oxydation, d'acide qui lui corresponde : il s'hydrolyse en donnant du galactose, que l'acide azotique convertit en acide mucique.

Déchloroarabinochloralose $C^7H^{10}Cl^2O^5$. — Nous avons traité, dans les mêmes conditions, un chloralose en C^7, celui dérivé de l'arabinose; la réaction est analogue, mais le rendement est meilleur; nous avons obtenu jusqu'à 33 pour 100 du poids du chloralose employé. Ce corps se purifie facilement; il fond à 88°-89° et cristallise bien. Il peut être distillé sous pression réduite.

100 parties d'eau à 15° en dissolvent $15^p,076$. Il est plus soluble dans l'eau chaude, l'alcool et l'éther. Son pouvoir rotatoire à 15° est $\alpha_D = -19°,72$.

Le chlorure de benzoyle le transforme en un dérivé dibenzoylé $C^7H^8Cl^2O^3(C^7H^5O^2)^2$ qui, saponifié par la potasse, lui abandonne 53,59 d'acide benzoïque (la théorie demande 53,90). Ce corps est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, très soluble dans la benzine. Il fond à 90°,5.

Si l'on oxyde le déchloroarabinochloral par l'acide nitrique, on obtient une petite quantité d'un acide, peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'alcool, et qu'on peut purifier par cristallisations dans l'eau bouillante. Il fond à 215°; sa composition et son indice d'acidité lui assignent la formule $C^7H^8Cl^2O^6$, malgré la présence dans les résultats analytiques d'un petit excès d'hydrogène.

La purification de cet acide est malaisée et les rendements mauvais. Il se produit en effet, dans la même réaction, une certaine quantité d'un acide non chloré, à sel de calcium peu soluble, qui paraît être de l'acide trioxyglutarique provenant d'un dédoublement analogue à celui qui fournit l'acide mucique en partant du déchlorogalactochloral.

Ainsi, la réaction de l'ammoniac alcoolique a enlevé du chlore à tous les chloraloses que nous avons essayés; nous nous proposons d'étendre cette réaction à d'autres corps renfermant le groupe CCl^3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés éthylés de l'acétone.* Note de M. **Ernst Zerner**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes précédentes MM. Haller et Bauer [1] ont montré que, par l'intermédiaire de l'amidure de sodium et des carbures monohalogénés, il était possible de préparer des dérivés hexaméthylés et polyalcoylés mixtes de l'acétone. Il nous a paru intéressant de voir si, de la même manière, on pourrait arriver aux dérivés éthylés de l'acétone, qui, à partir de la dipropylcétone, sont encore ou inconnus, ou très difficiles à obtenir.

Puisque l'acétone même donne avec l'amidure de sodium des produits de condensation au lieu d'un dérivé sodé, je suis parti de la dipropylcétone, que j'ai préparée d'après l'excellente méthode de M. Senderens [2]; puis, suivant le procédé de MM. Haller et Bauer, j'ai introduit, dans un ballon contenant du benzène sec, un petit excès d'amidure de sodium, finement pulvérisé, et ensuite, goutte à goutte, une solution benzénique de la dipropylcétone. Après avoir fait bouillir quelques heures pour chasser l'ammoniaque aussi bien que possible, j'ai ajouté la quantité théorique d'iodure d'éthyle, étendu de benzène, et chauffé encore une heure. Le mélange refroidi est décomposé par l'eau, la couche éthérée agitée avec de l'acide chlorhydrique est lavée à l'eau et séchée.

On obtient par une série de fractionnements de la dipropylcétone inaltérée et de la triéthylacétone, qui bout sous 741^{mm} à $174°,5$-$175°,5$. Ce corps fut déjà obtenu par MM. Genther et Frölich [3] qui, cependant, paraissent ne pas l'avoir obtenu à l'état pur puisqu'ils donnent pour point d'ébullition $180°$-$190°$.

Le rendement est très bon; mais il faut dire qu'on retrouve toujours à peu près 50 pour 100 de la matière première inaltérée, qui, naturellement, peut à nouveau être

---

(1) *Comptes rendus*, t. 150, p. 582-589; t. 150, p. 661-667.
(2) *Comptes rendus*, t. 148, p. 928.
(3) *Annalen der Chemie*, t. CCII, p. 311.

traitée de la même manière. De la sorte on peut atteindre, après avoir répété la réaction plusieurs fois, un rendement presque théorique.

Au sein de l'éther, ou avec du bromure d'éthyle, la réaction marche très mal.

En traitant la triéthylacétone d'une manière semblable, on obtient la tétraéthylacétone, préparée déjà d'une autre façon par M. Ulrich ([1]) et MM. Herzig et Zeisel ([2]). Les derniers auteurs donnent pour point d'ébullition 204°,9-205°,9 (sous 738^{mm},5), tandis que j'ai observé 206°-207°,5 sous 771^{mm}. La concordance des points d'ébullition est donc satisfaisante.

En partant de la tétraéthylacétone on arrive à faire par un procédé analogue d'abord la pentaéthylacétone, bouillant sous 761^{mm},2 à 237°,5-238°,5, ensuite la hexaéthylacétone qui bout à 274°-275° (759^{mm}) et se prend en masse par refroidissement. Recristallisé dans l'alcool, le produit fond à 44°.

Toutes ces cétones ont une odeur analogue à celle du camphre. Sauf l'hexaéthylacétone, qui sent nettement les pommes, les autres n'ont plus l'odeur fruitée de la dipropylcétone.

D'après les expériences faites également par MM. Haller et Bauer ([3]) l'hexaéthylacétone devrait se scinder sous l'influence de l'amidure de sodium d'après les équations suivantes :

$$(C^2H^5)^3CCOC(C^2H^5)^3 + NaNH^2 = (C^2H^5)^3C - C\begin{matrix} \diagup ONa \\ -C(C^2H^5)^3, \\ \diagdown NH^2 \end{matrix}$$

$$(C^2H^5)^3C - \underset{\displaystyle NH^2}{\overset{\displaystyle ONa}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - C(C^2H^5)^3 + H_2O = NaOH + (C_2H_5)^3CCONH^2 + (C^2H^5)^3CH.$$

En égard à la structure symétrique de cette cétone on ne peut attendre que deux produits de réaction, connus du reste, l'un d'après les travaux de M. Ladenburg ([4]), l'autre d'après les recherches de MM. Haller et Bauer ([5]).

Cependant l'hexaéthylacétone oppose une très grande résistance à l'influence de l'amidure. En opérant de la manière ordinaire on retrouve toujours la cétone inaltérée. Elle n'est pas attaquée par l'amidure, ni au sein

---

([1]) *Monatshefte für Chemie*, t. XIII, p. 247.
([2]) *Monatshefte für Chemie*, t. XIV, p. 378.
([3]) *Loc. cit.*
([4]) *Berichte*, t. 5, p. 752.
([5]) *Loc. cit.*

du toluène, ni au sein du xylène, même si l'on chauffe 6 heures avec un grand excès d'amidure.

Un compte rendu plus détaillé sera prochainement publié ailleurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de thionyle en présence d'une base tertiaire sur quelques éthers d'acides alcools*. Note de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré tout dernièrement ([1]) qu'en traitant les alcools par le chlorure de thionyle en présence d'une base tertiaire, on les transformait intégralement en leurs éthers chlorhydriques. Cette méthode ne se limite pas seulement aux alcools, mais elle est susceptible de se généraliser à un grand nombre de corps dont la molécule renferme une fonction alcool OH, qui se trouve alors remplacée par un atome de chlore.

Je l'ai appliquée avec succès à un certain nombre d'acides alcools ou plutôt à leurs éthers, et il ne sera pas inutile de remarquer que les dérivés, ainsi obtenus, n'étaient que très difficilement préparés par les anciennes méthodes.

1° *Transformation de l'éther lactique en éther α-chloropropionique*. — L'acide α-chloropropionique était, jusqu'à ces derniers temps, une matière première fort coûteuse, on ne pouvait le préparer qu'en traitant l'acide lactique par deux molécules de pentachlorure de phosphore et cette opération, fort pénible, ne donnait d'ailleurs que de médiocres rendements. La nouvelle méthode de préparation que je donne ci-dessous est, au contraire, d'une grande simplicité et permet de se procurer l'éther α-chloropropionique à un prix peu élevé :

Dans un mélange de 118g de lactate d'éthyle (une molécule) et de 80g de pyridine sèche, on verse goutte à goutte 125g de $SOCl^2$, tout en refroidissant sous un courant d'eau. Il ne tarde pas à se former des cristaux blancs qui envahissent presque toute la masse lorsque la moitié du chlorure a été versé, mais qui disparaissent ensuite. A la fin de la réaction, la masse redevient fluide, présente une couleur ambrée et se sépare en deux couches sans qu'on observe aucun dégagement gazeux. On chauffe alors le ballon vers 110° jusqu'à complet dégagement de SO^2, puis on reprend par l'eau et l'on termine l'opération, comme il a été indiqué dans la première Note.

L'éther α-chloropropionique ainsi préparé distille à 144°-145°, et les

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1314.

rendements ne sont pas inférieurs à 95 pour 100 de la théorie représentée par la formule

$$CH^3-CHOH-CO^2C^2H^5+SOCl^2+Py \rightarrow CH^3-CHCl-CO^2C^2H^5+SO^2+PyHCl.$$

On peut remplacer la pyridine par la diméthylaniline, la diéthylaniline ou la quinoléine; on observe avec ces bases une réaction toute semblable, mais les produits sont plus colorés et les rendements s'abaissent à 90 pour 100, inconvénients largement compensés par la diminution du prix et la plus grande facilité à récupérer la base.

2° *Transformation du malate d'éthyle gauche en monochlorosuccinate d'éthyle droit.* — J'ai traité dans les mêmes conditions de l'éther malique préparé lui-même en éthérifiant de l'acide malique par (provenant de la maison Kahlbaum de Berlin), par l'action de l'alcool absolu en présence de HCl, cet éther présentait un pouvoir rotatoire $\alpha^{20} = -11°58'$.

On verse lentement une molécule de $SOCl^2$ dans un mélange soigneusement refroidi à 0° d'une molécule de malate d'éthyle et d'une molécule de pyridine. Il se produit, suivant la réaction générale, une combinaison complexe des trois corps sans aucun dégagement gazeux de SO^2; le produit de la réaction, primitivement solide, ne tarde pas à se liquéfier lorsqu'on le ramène à la température ordinaire, et redevient tout à fait fluide et homogène au bout de 12 heures. Versé dans l'eau sans avoir été chauffé, il se dédouble quantitativement conformément à l'équation

$$CO^2C^2H^5-CH^2-CHOH-CO^2C^2H^5+SOCl^2+Py$$
$$\rightarrow CO^2C^2H^5-CH^2-CHCl-CO^2C^2H^5+SO^2+PyHCl.$$

Les rendements sont théoriques.

L'éther monochlorosuccinique ainsi préparé est un liquide incolore doué d'une odeur spéciale assez forte, distillant à 131° sous 18^{mm}; il est doué d'un pouvoir rotatoire droit $[\alpha]_D^{20} = 31°20'$.

Walden a déjà préparé un éther monochlorosuccinique droit en traitant successivement l'acide malique gauche par PCl^5, puis l'acide chlorosuccinique ainsi obtenu, par un mélange d'alcool absolu et de HCl, ce pouvoir rotatoire n'était que de $[\alpha]_D^{20} = 27°30'$. Cette différence montre tout l'avantage de la nouvelle méthode, qui ne met en œuvre que des réactifs peu énergiques et permet d'éviter plus sûrement toute racémisation partielle, surtout si l'on opère à froid (1).

---

(1) WALDEN, *Journal de Chimie et de Physique russe*, t. XXX, p. 509; *Centralblatt*, 1898, t. II, p. 917.

3° Pour montrer toute la généralité de cette réaction, j'ai également transformé le phénylglycolate d'éthyle en phénylchloracétate d'éthyle. Cette préparation a été faite avec l'éther racémique et donne des rendements quantitatifs, soit avec la pyridine, soit avec la diméthylaniline.

4° Il existe un certain nombre de cas où, au lieu d'obtenir l'éther chloré cherché, on obtient un éther éthylénique par perte de HCl. J'ai observé cette transformation avec une grande netteté sur l'oxyhexahydrobenzoate d'éthyle qui donne ainsi le tétrahydrobenzoate d'éthyle

$$C_6H_{10}\langle^{OH}_{CO^2C^2H^5} \rightarrow C_6H_{10}\langle^{Cl}_{CO^2C^2H^5} \rightarrow C_6H_9-CO^2C^2H^5$$

Les éthers hydracryliques β disubstitués, qui se préparent facilement, en condensant par le magnésium l'éther chloracétique sur les cétones, donnent également les éthers acryliques correspondants

$$\begin{matrix}R \\ CH^3\end{matrix}\rangle \overset{OH}{\overset{|}{C}} - CH^2 - CO^2C^2H^5 \rightarrow \begin{matrix}R \\ CH^3\end{matrix}\rangle C = CH - CO^2C^2H^5;$$

la réaction équivaut alors à une déshydratation et elle est due moins à un insuccès de la méthode qu'à l'instabilité du dérivé chloré. Elle devient d'ailleurs une précieuse méthode de préparation de ces éthers non saturés, si l'on a soin de retraiter le produit de la réaction par un excès de base tertiaire pour enlever toute trace de chlore.

L'ensemble de ces réactions montre toute l'importance pratique et théorique de la nouvelle méthode générale de substitution du chlore au groupe fonctionnel alcoolique OH. J'espère pouvoir montrer prochainement tout le parti qu'on peut en tirer pour la préparation de nouveaux dérivés actifs et l'étude de l'inversion optique découverte par Walden.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des acides gras supérieurs à fonction acétylénique.* Note de MM. **A. Arnaud** et **V. Hasenfratz**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait que l'acide stéarolique $C^{18}H^{32}O^2$ donne par oxydation avec l'acide nitrique les acides pélargonique et *azélaïque*, tandis que son isomère l'acide taririque fournit les acides laurique et adipique, par rupture de la chaîne à la place de la triple liaison.

L'oxydation par le permanganate de potassium est plus complexe : déjà, Hazura et Grüssner [1] ont signalé que ce réactif transforme, à froid, l'acide stéarolique en acide stéaroxylique $C^{18}H^{32}O^{4}$ et en acide *subérique*, sans expliquer cette anomalie qui, à première vue, semblerait indiquer une rupture de la chaîne stéarolique à une autre place que celle de la liaison acétylénique.

Afin d'élucider la question, nous avons repris l'oxydation des acides stéarolique et taririque par MnO^4K agissant en milieu alcalin : 30 parties de MnO^4K dissous dans 80 parties d'eau maintenue à 60°-70°, sont versées, en une seule fois, dans 200 parties d'eau contenant 10 parties d'acide gras et 2,8 parties de potasse.

La réaction terminée, on fait bouillir et l'on sépare par filtration l'oxyde de manganèse, on traite le liquide clair par l'acide sulfurique dilué, en léger excès : les acides gras monobasiques se séparent en une couche huileuse surnageante, tandis que les acides bibasiques restent en solution dans le liquide aqueux; les acides monobasiques décantés sont lavés à l'eau bouillante afin d'en séparer les acides bibasiques qu'ils peuvent contenir.

Produits d'oxydation de l'acide stéarolique. — Les acides gras insolubles sont transformés en sels de Ba, ceux-ci sont séparés par cristallisation fractionnée en milieu aqueux : on isole ainsi les acides *pélargonique* et *caprylique* caractérisés par l'analyse élémentaire et le dosage du baryum dans les sels correspondants.

La solution aqueuse, séparée des acides monobasiques et concentrée, abandonne par refroidissement les acides bibasiques. Grâce à leur différence de solubilité dans l'éther, nous avons pu isoler deux acides : le moins soluble, recristallisé dans l'eau, a les caractères et la composition de l'acide *subérique* (P. F. 140°); l'autre, plus soluble, est identique à l'acide *azélaïque* (P. F. 106°).

L'acide stéarolique donne 38 pour 100 d'acides monobasiques et 53 pour 100 d'acides bibasiques.

Produits d'oxydation de l'acide taririque. — Les acides gras insolubles, dissous dans l'alcool concentré chaud, sont transformés en sels magnésiens qui cristallisent par refroidissement. On élimine ainsi une certaine quantité de produits huileux secondaires, solubles dans l'alcool.

Les acides gras régénérés du sel magnésien fondent vers 35°; on les transforme en sels de baryum et, par cristallisations fractionnées dans l'alcool, on en isole l'acide *laurique* (P. F. 43°,5); par contre, l'acide *undé-*

---

[1] HAZURA et GRÜSSNER, *Monatshefte der Chemie*, t. IX, p. 952.

cylique qui l'accompagne ne peut être obtenu à l'état de pureté : le sel de baryum le plus pur, séparé par fractionnement, contient seulement 26,7 pour 100 de Ba (la théorie exige 27,07 pour 100). L'analyse élémentaire de l'acide (P. F. 27°-29° au lieu de 28°,5) correspond cependant à la composition centésimale de l'acide undécylique.

La solution des acides bibasiques est concentrée. Après refroidissement, on sépare le sulfate de potassium; le liquide est neutralisé par la baryte, filtré puis porté à l'ébullition : l'adipate de baryum, très peu soluble à chaud, se dépose à l'état cristallin; on filtre bouillant et le liquide, additionné du tiers de son volume d'alcool concentré, donne de magnifiques cristaux de glutarate de baryum.

Les acides régénérés des sels de baryum sont : l'acide *glutarique* (P. F. 97°,5) et l'acide *adipique* (P. F. 149°).

L'acide taririque donne environ 55 pour 100 d'acides monobasiques et 25 pour 100 d'acides bibasiques.

A signaler que les acides pélargonique et subérique sont les principaux produits d'oxydation de l'acide stéarolique; les acides caprylique et azélaïque représentent seulement le quart des acides obtenus.

Dans le cas de l'acide taririque, les poids des acides laurique et glutarique, d'une part, et les poids des acides undécylique et adipique, d'autre part, sont approximativement dans le rapport de 4 à 1.

Les rendements en acides glutarique et subérique sont si satisfaisants qu'on pourrait utiliser ces réactions pour la préparation de ces corps.

Les recherches d'Overbeck [1], de Hazura et Grüssner [2] et de l'un de nous [3] ont établi que l'oxydation ménagée des acides stéarolique et taririque conduit aux acides dicétoniques correspondants :

$$CH^3-(CH^2)^7-CO-CO-(CH^2)^7-CO^2H \text{ acide } \textit{stéaroxylique},$$
$$CH^3-(CH^2)^{10}-CO-CO-(CH^2)^4-CO^2H \text{ acide } \textit{taroxylique}.$$

En tenant compte de ces résultats, nous pouvons interpréter l'obtention des acides que nous avons isolés de la manière suivante : l'excès de MnO^4K transforme en CO^2 l'un des CO des acides dicétoniques.

Si le CO le plus rapproché du carboxyle est oxydé (réaction principale),

---

(1) OVERBECK, *Annalen der Chemie*, t. CXL, p. 62.
(2) HAZURA et GRÜSSNER, *loc. cit.*
(3) ARNAUD, *Comptes rendus*, t. 134, p. 547.

on a :

Avec l'acide stéaroxylique { l'acide pélargonique $CH^3-(CH^2)^7-CO^2H$
l'acide subérique $CO^2H-(CH^2)^6-CO^2H$

Avec l'acide taroxylique { l'acide laurique $CH^3-(CH^2)^{10}-CO^2H$
l'acide glutarique $CO^2H-(CH^2)^3-CO^2H$

Si le CO le plus éloigné du carboxyle est oxydé, on a :

Avec l'acide stéaroxylique { l'acide caprylique $CH^3-(CH^2)^6-CO^2H$
l'acide azélaïque $CO^2H-(CH^2)^7-CO^2H$

Avec l'acide taroxylique { l'acide undécylique $CH^3-(CH^2)^9-CO^2H$
l'acide adipique $CO^2H-(CH^2)^4-CO^2H$

En résumé, l'acide nitrique détermine la rupture de la chaîne entre les deux CO des acides dicétoniques qui représentent le premier stade d'oxydation des acides acétyléniques, tandis que le permanganate brise cette chaîne en trois fragments, l'un des CO s'éliminant à l'état de CO^2.

MINÉRALOGIE. — *Les roches microlitiques de la Boucle du Niger.* Note de M. HENRY HUBERT, transmise par M. A. Lacroix.

Si la région centrale de la colonie du Dahomey est géologiquement constituée par des roches à faciès gneissique (orthogneiss surtout) traversées par des granites, ce sont, au contraire, des roches éruptives basiques (diabases) qui dominent à 1000^{km} à l'ouest, dans une grande partie de la Guinée française. Au nord-est de cette colonie, dans le Bouré, les diabases forment d'importants massifs (jusqu'à 10^{km} de longueur) au milieu de schistes micacés redressés, plus récents que les gneiss du Dahomey, et il semble qu'en Guinée, partout où les diabases ont été rencontrées, leur association avec les schistes soit la règle [1].

Entre la Guinée et le haut Dahomey, la plus grande partie des territoires de la Boucle du Niger est occupée à la fois par des régions du type *dahoméen*, largement dominantes, et par des régions du type *guinéen*, mais celles-ci se présentent alors avec des différences assez appréciables, caractérisant, si l'on veut, un type *soudanais*. L'une de ces régions paraît continue entre Tiébéla et les environs de Sikasso (9°30′ à 11° lat. Nord, environs du

[1] L'âge absolu de ces schistes, dont l'aspect rappelle ceux de la série y, n'a pu être déterminé. Les roches éruptives qui les traversent sont probablement antédévoniennes.

8° long. Ouest); une autre, discontinue, a été reconnue entre le 8°30′ et le 14° lat. Nord, le 3° et le 7° long. Ouest ([1]).

Dans les régions du type soudanais, les schistes et les diabases de la Guinée reparaissent bien avec les mêmes caractères géologiques et minéralogiques ([2]), mais une première différence réside dans ce fait qu'ils sont souvent associés à des roches microlitiques.

Les conditions de gisement de ces types microlitiques sont souvent malaisées à déterminer, en raison des matériaux accumulés (blocs de diabases, formations latéritiques) qui masquent les affleurements importants. Quelques rares gisements ont pu être constitués par des culots éruptifs (Nounou, Karé), mais la forme filonienne est presque exclusive. Elle se manifeste soit au milieu des diabases, soit au milieu des schistes : dans ce dernier cas, les filons (ou dykes) s'observent surtout disposés parallèlement à la schistosité de la roche encaissante. Dans certaines régions, la succession des diabases, schistes et roches microlitiques se répète sur de grandes étendues, la puissance des affleurements de chaque type pouvant se trouver très réduite.

Toutes les roches microlitiques appartiennent à des types courants. La détermination de beaucoup d'entre elles est rendue laborieuse et souvent incertaine, en raison de leur altération. En se basant sur l'examen minéralogique seul, on peut établir plusieurs groupements que l'analyse chimique permettra sans doute de simplifier : certains types se retrouvant proches dans le même gisement et ne correspondant peut-être qu'à des variétés structurelles du même magma.

Je rapporte aux *trachytes* les roches compactes, sans quartz, dans lesquelles un essai microchimique a permis de vérifier l'abondance de la potasse (orthose). Ils sont surtout caractérisés par des phénocristaux de plagioclases acides (albite à Tiomolo), de hornblende maclée et d'ilménite, au milieu d'une pâte riche en microlites d'orthose.

Les *dacites*, d'un gris très clair, sont constituées par des phénocristaux de quartz corrodé, d'oligoclase-albite, et, moins souvent, de hornblende ou de mica. Leur pâte, très riche en quartz, montre parfois des microlites à petites extinctions (oligoclase-albite). L'absence d'orthose, vérifiée par des essais microchimiques, est la raison pour laquelle ces roches n'ont pas été rangées dans le groupe des rhyolites.

([1]) Une troisième région, dans le cercle de Bougouni, n'est que la continuation géographique et géologique de celle du Bouré.

([2]) A. Lacroix, *Les roches éruptives basiques de la Guinée française* (*Comptes rendus*, t. 140, p. 410).

Si les trachytes et les dacites sont rares dans la Boucle du Niger, les *andésites*, par contre, y sont abondantes. Presque toutes sont caractérisées par des phénocristaux de plagioclases et de métasilicates (ces derniers généralement maclés). Les types à hornblende renferment d'ordinaire les feldspaths les plus acides (oligoclase-andésine à andésine), ceux à augite les feldspaths les plus basiques (andésine à labrador). Les éléments du premier temps se retrouvent dans la pâte, mais celle-ci est en outre envahie par des minéraux secondaires très abondants (quartz, calcite, épidote, etc.). Il y a lieu de signaler que l'augite est souvent intacte, alors que tous les autres minéraux sont transformés.

Les *basaltes*, rares, très altérés, ne sont plus reconnaissables que par leur structure et par les minéraux originels (plagioclases, pyroxènes) qui, çà et là, ont seuls conservé leurs caractères. Il faut faire exception pour un type très frais, très cristallin, provenant de Niniassou. Il est constitué par des phénocristaux d'olivine (rubéfiée) et des microlites de magnétite, de labrador $Ab_3 An_4$ et d'augite. Quelques plages de quartz remplissent les intervalles des plagioclases aplatis; on y trouve aussi un peu de calcite.

Aux types pétrographiques précédemment signalés, il faut ajouter des *tufs* et *brèches* de roches microlitiques acides, parfois laminés, intercalés en bandes schisteuses au milieu des diabases. Ils sont caractérisés par des fragments de plagioclases, de quartz, de métasilicates, de fer titané, au milieu d'une pâte partiellement vitreuse, mais où le quartz, associé à des produits d'altération, est abondant.

Une seconde différence entre les gisements du type guinéen et ceux du type soudanais est la fréquence, dans ce dernier cas, de schistes amphiboliques résultant de l'écrasement de diabases. Eux aussi se présentent toujours en filons et sont identiques à ceux que j'ai rencontrés *exceptionnellement* au milieu des gneiss du Dahomey.

Au point de vue géographique, les gisements du type soudanais s'étendent bien au delà des régions visitées au cours de la dernière mission dont M. le Gouverneur général de l'Afrique occidentale française a bien voulu me charger. En effet des porphyrites ont été signalées, entre le 14^e et le 15^e parallèles par M. de Lamothe; et des andésites, 1° à N'Zaakro (Côte d'Ivoire) par M. Combes, 2° à Tarkwa (Gold-Coast) par M. Sawyer [1]. Les conditions de gisement étant analogues à ce que j'ai observé, on voit que l'extension des associations pétrographiques du type soudanais est considérable : environ 1000^{km} du Nord au Sud.

---

[1] Un peu en dehors de mes itinéraires, dans la région Tiebéla-Sikasso, M. Vuillet a recueilli deux andésites, qui m'ont été communiquées par M. de Romeu.

BOTANIQUE. — *Le rôle des traumatismes dans la production des anomalies héréditaires.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Récemment (1) M. P. Becquerel a voulu opposer « très nettement » aux résultats que j'ai obtenus par des mutilations du Maïs (2), ses observations sur des caractères tératologiques du *Zinnia elegans*.

Ces observations ont été faites de juillet à novembre 1909 sur des rejets de plantes, non préparées pour l'expérimentation, gelées vers le 20 mai, et coupées ensuite (date ?) au ras du sol; il ne parle pas de témoins, ni des caractères de la variété type normale, mais il décrit des variations de coloris, « des fleurs monstrueuses possédant 2, 3 et 4 réceptacles coniques » (il s'agit de capitules et non de fleurs), et aussi des tiges tordues. Or, dans un mois, il sera facile d'observer dans les parcs publics et dans les jardins des plates-bandes plantées en Zinnias; presque toutes renfermeront des exemplaires, plus ou moins nombreux, offrant les déviations décrites par M. Becquerel. Je pense bien d'ailleurs que la mutilation peut augmenter le pourcentage et l'amplitude de ces anomalies; mais, ce qui serait justement intéressant de savoir, c'est dans quelle mesure le traumatisme agit.

En 1911, M. Becquerel expose les résultats de ses semis de graines récoltées sur les rejets anormaux; ces graines ont été peu nombreuses [8 à 15 par fleur (capitule), mais combien de capitules?], et elles n'ont pas reproduit le dédoublement des réceptacles. En revanche, la couleur modifiée des fleurs a persisté, sauf pour les rejets à fleurs blanches dans 2 cas sur 10 (c'est seulement à ce propos que M. Becquerel indique l'importance de ses essais); je doute fort que Mendel et M. Bateson, dont l'autorité est invoquée à ce sujet, aient voulu interpréter la disjonction de polyhybrides étudiée sur un nombre si peu élevé d'individus, alors qu'ils ont examiné des milliers de plantes pour suivre les disjonctions plus simples des *Pisum* et des *Lathyrus*. Mais M. Becquerel ne juge pas utile de recommencer ses épreuves; il conclut simplement : « M. Blaringhem avec le Maïs, pas davantage que moi-même avec le *Zinnia*, n'a obtenu des formes véritablement nouvelles. *Les caractères que nous avons fait surgir avec l'aide de traumatismes sur des plantes qui ont le grave défaut d'être des polyhybrides sont tous des caractères ataviques ou des caractères tératologiques que ces genres ont toujours présentés sporadiquement depuis plusieurs milliers d'années.* »

A ce jugement, j'opposerai simplement les conclusions énoncées, le 18 novembre 1905, dans une Note de priorité présentée à la Société de

(1) *Comptes rendus*, 15 mai 1911, p. 1319-1322.

(2) *Mutation et traumatismes* (*Bull. Sc. France et Belgique*, t. XLI, 1907, 265 pages et 8 planches doubles; et 1908, F. Alcan, Paris).

Biologie de Paris : *Par des mutilations faites à une époque convenable, on peut provoquer, dans des lignées normales, des anomalies de végétation, de fleurs et de fruits. Dans la descendance des rejets anormaux, on trouve des anomalies graves, des plantes normales et de rares individus à caractères nouveaux offrant des anomalies légères et parfois stables.*

Ces conclusions ont été reprises, sans altération, en 1907, comme résumé de mon ouvrage *Mutation et traumatismes ;* elles ont été de nouveau soutenues en 1911 dans une discussion récente soulevée à la Société botanique de France ([1]). Des résultats analogues à ceux que m'a donnés le Maïs ont été fournis par *Spinacia oleracea* ([2]), *Nigella damascæna* ([3]), *Nicotiana tabacum*, plusieurs espèces de Pavots, quelques Crucifères et des Solanées.

Il s'ensuit que je crois avoir obtenu, dans plusieurs cas, des variétés nouvelles et stables : *nouvelles* parce qu'on ne les a pas décrites avant moi comme variétés, et *stables* parce que j'en ai fait l'épreuve avec patience et dans des conditions d'étude favorables. Mais il résulte de mes travaux sur ce sujet que *les formes stables ainsi obtenues sont l'exception et non la règle*, qu'il faut suivre la descendance de centaines de lignées anormales pour en trouver quelques-unes qui conservent intégralement leurs caractères.

On invoque, pour expliquer *mes* résultats, la possibilité d'hybridations, dont je suis loin de nier l'importance, mais pour lesquelles il faut, au moins, deux parents appartenant à des types distincts; quels sont ces parents? On déclare aussi que ces variations ont déjà été décrites (ce n'est pas vrai pour toutes) comme des cas tératologiques isolés; or, on a d'autant plus de chances de fixer les caractères nouveaux que leur apparition comme anomalie est plus fréquente [voir H. de Vries à propos de *Trifolium pratense quinquefolium* (Trèfle à cinq folioles) et de *Linaria vulgaris peloria* (Linaire pélorièe)].

D'ailleurs, je ne pense pas avoir *créé*, au sens propre du mot, des types réellement nouveaux, ni avoir changé en quoi que ce soit *l'avenir de l'espèce*. Mais, par certains procédés expérimentaux, je crois qu'on peut hâter l'apparition de variétés qui ont déjà été sur le point de se former ou qui

---

([1]) *Nouvelles recherches sur la production expérimentale d'anomalies héréditaires chez le Maïs :* I. Réponse à M. E. Griffon; II. *Cultures expérimentales des anomalies héréditaires du Maïs de Pensylvanie* (*Zea Mays pensylvanica* Bonaf.) (*Bull. de la Soc. botanique de France*, t. LVIII, 1911; séances du 28 avril et du 12 mai).

([2]) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1331.

([3]) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 406 et 785.

se seraient formées quelque jour; l'expérimentateur réussit *à grouper dans son jardin et à posséder en quelques années les formes que l'espèce fournirait certainement si on la cultivait sur de grands espaces et pendant des centaines d'années;* pour étudier un tel phénomène, les cultures de contrôle, les statistiques et la description détaillée des circonstances ambiantes sont indispensables.

De plus, les traumatismes sont un moyen commode, rien de plus. En plaçant les élément sexuels (et peut-être les graines) dans des circonstances anormales de nutrition (cultures sur solutions nutritives, injection dans l'ovaire de solutions sucrées ou toxiques, infection par des champignons parasites, excès de vigueur des hybrides en première génération, etc.), on peut modifier, souvent d'une façon passagère, rarement d'une façon durable, les équilibres spécifiques; j'ai essayé seulement de prouver que « des mutilations convenables, faites à des époques appropriées, peuvent déterminer des changements brusques d'équilibre des caractères héréditaires, des *mutations* au sens de De Vries ».

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les diastases du latex du Mûrier à papier* (Broussonetia papyrifera *L.*) Note de M. **Gerber**, présentée par M. Guignard.

Depuis l'époque bien lointaine où Malpighi considérait le *succus proprius* comme un suc générateur semblable au sang et servant à la nutrition des plantes, la question du rôle du latex a maintes fois été abordée par les botanistes, sans que ce délicat problème ait reçu une solution définitive, malgré les efforts de l'Académie des Sciences qui, dès 1833, mit au concours toute une série de questions sur les laticifères et le latex.

Néanmoins, l'opinion dominante, de nos jours, est celle qui regarde plutôt le latex comme un produit d'excrétion sans importance pour la nutrition de la plante. D'ailleurs, la grande extension des industries du caoutchouc et de la gutta, en mettant au premier rang ces produits inassimilables, n'a pas peu contribué à ancrer cette opinion dans l'esprit de la majorité des physiologistes.

Nous avons pensé qu'en abordant le problème par le côté diastasique, nous avions quelque chance de trouver du nouveau et d'apporter ainsi une contribution à la question si controversée du rôle du latex. Notre espoir n'a pas été déçu. L'étude longue et pénible que nous avons faite du latex du

Mûrier à papier et dont on trouvera les détails dans les comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes (Caen, 1911), ainsi que dans les comptes rendus des séances de la Société de Biologie (Réunion biologique de Marseille, 1911), nous permet de dire que ce suc joue, chez *Broussonetia papyrifera* L., le rôle du suc pancréatique chez les animaux supérieurs.

Le latex du Mûrier à papier contient en effet trois ferments très actifs : le premier, *lypolytique*, saponifiant les corps gras; le deuxième, *amylolytique*, transformant l'amidon en maltose; le troisième, *protéolytique*, peptonisant les albuminoïdes et coagulant le lait cru.

Nous n'insisterons pas, ici, sur les divers caractères de ces trois diastases, ni sur l'action si curieuse des divers électrolytes sur les fermentations dont elles sont les agents.

Nous nous contenterons de signaler : *a*, la forte résistance à la chaleur du ferment protéolytique; *b*, sa métallophilie; *c*, la variation de l'activité diastasique du latex aux diverses époques de l'année.

a. Forte résistance à la chaleur du ferment protéolytique. — C'est aux environs de 75° que se trouve l'optimum de l'action présurante du ferment protéolytique sur le lait, et il est encore possible d'obtenir des coagulations assez bonnes à 85°. Cette forte résistance à la chaleur distingue cette diastase, non seulement des ferments lypolytiques et amylolytiques qui l'accompagnent, mais encore des autres présures du même type (lait cru), et en particulier de la présure de veau et de la pepsine de porc.

b. Métallophilie du ferment protéolytique. — Les métaux les plus toxiques pour le ferment amylolytique correspondant, ainsi que pour les présures du lait bouilli (Figuier, Papayer, *Vasconcellea*, etc.), sont sans action, pour ainsi dire, sur la diastase protéolytique du Mûrier à papier; parfois même ils sont accélérateurs. Quant aux métaux indifférents ou légèrement retardateurs pour les premières diastases, ils sont nettement accélérateurs vis-à-vis de la dernière.

C'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, qu'il suffit de moins de 0,002 molécule-milligramme de sel mercurique par litre d'empois pour empêcher toute saccharification par l'amylase du *Broussonetia*, alors que 16 molécules-milligrammes, c'est-à-dire une dose 8000 fois plus forte, ne rendent la caséification du lait que deux fois plus lente par le ferment protéolytique correspondant.

c. Variation de l'activité diastasique du latex du Mûrier à papier, aux diverses époques de l'année. — Nous avons pratiqué, de janvier 1910 à janvier 1911, sur un magnifique *Broussonetia papyrifera* L. du jardin du Pharo, à Marseille, une incision en spirale, dans l'écorce, décrivant un tour de spire tous les 15 jours. L'arbre ne paraît pas, actuellement, souffrir de la saignée de plus de $1^l,5$ que nous lui avons pratiquée et qui a donné, même en plein hiver, un latex à peu de chose près aussi abondant. Immédiatement après la saignée, ce latex filtré à travers du coton stérilisé était mis, toujours dans les mêmes conditions, en expérimentation : sur du lait bouilli acidulé, sur de

l'empois d'amidon et sur une émulsion de jaune d'œuf. Les résultats obtenus, publiés ailleurs (¹), montrent que les trois diastases suivent une marche parallèle.

C'est au commencement de mars, une quinzaine de jours avant que les bourgeons ne laissent sortir les *inflorescences* et les *toutes jeunes feuilles*, que l'activité diastasique est la plus forte. A partir de ce moment, elle diminue lentement, mais progressivement, jusqu'à la fin août, époque où elle est encore les deux tiers de ce qu'elle était dans les premiers jours de mars. Pendant toute cette période, les feuilles croissent et, dans les derniers jours d'août, elles ont acquis tout leur développement. A partir de ce moment, l'activité diastasique diminue plus rapidement et, à la fin novembre, au moment de la chute des feuilles, elle n'est plus que le tiers de ce qu'elle était à l'époque de la montée de la sève.

Dans le courant de l'hiver, cette activité diastasique subit une nouvelle chute et, au commencement de février, elle est réduite au quart de ce qu'elle était en mars de l'année précédente. Elle a atteint alors son minimum et remonte rapidement, si bien qu'un mois après elle repasse par son maximum. Nous sommes revenus à l'époque de la montée de la sève.

Conclusions. — Le latex du Mûrier à papier (*Broussonetia papyrifera* L.) possède, comme le suc pancréatique, trois diastases très actives et capables d'agir sur les graisses, les hydrates de carbone et les substances albuminoïdes. C'est donc un véritable suc pancréatique végétal.

Grâce à ce suc pancréatique, les diverses substances de réserve accumulées dans le végétal pendant la période végétative précédente, sont solubilisées et utilisées pour la formation des inflorescences et des jeunes feuilles, comme les substances de réserve des graines sont solubilisées par des diastases semblables et utilisées, au moment de la germination, pour la croissance de la jeune plante.

Les diastases du latex de *Broussonetia* diminuent d'activité en automne et surtout en hiver; mais elles ne disparaissent jamais complètement, et, en cela, elles se distinguent des diastases de beaucoup de graines, qui semblent ne plus exister pendant la période de vie latente de celles-ci. Cette différence trouve son explication en ce fait que le *Broussonetia papyrifera* L. et les végétaux vivaces continuent à vivre, en hiver, avec une certaine intensité et ne présentent pas cet état de vie ralentie caractéristique des graines.

Tous les latex ne présentent pas, avec autant d'intensité, les trois diastases que nous venons d'étudier; en cela encore, les végétaux à latex se comportent comme les graines, chez lesquelles un type de diastase généralement domine : les lipases chez les graines grasses, les ferments amylo-

(¹) *Comptes rendus Sociétés savantes :* Caen, 1911.

lytiques chez les graines amylacées, les diastases protéolytiques chez les graines à réserves albuminoïdes.

C'est à l'étude de ces sucs pancréatiques végétaux incomplets que nous nous consacrons actuellement.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Essai d'une Carte botanique, forestière et pastorale de l'Afrique occidentale française.* Note de M. A. CHEVALIER, présentée par le Prince Roland Bonaparte.

Au cours de six voyages successifs effectués de 1898 à 1910 dans les principales régions de l'Afrique tropicale, nous avons pu étudier sur un parcours d'environ 50000^{km} la répartition de la flore, la distribution géographique des végétaux fournissant des produits exploités et nous avons recueilli plus de 25000 numéros d'herbier actuellement à l'étude. C'est en Afrique occidentale française qu'ont été effectuées la plus grande partie de nos recherches. Les itinéraires que nous avons parcourus, reportés sur une Carte au $\frac{1}{3000000}$ représentent un développement de 11130^{km}. Dahomey : 1110^{km}; Côte de l'Ivoire : 2550^{km}; Guinée française : 2490^{km}; Sénégal : 1530^{km}; Haut-Sénégal et Niger = Soudan français : 3450^{km}. Mais comme certains itinéraires ont été parcourus deux ou trois fois et comme d'autre part il n'est pas possible d'indiquer toutes les sinuosités des itinéraires sur une Carte à petite échelle, c'est en réalité un parcours trois fois plus long, c'est-à-dire d'environ 33000^{km}, que représentent nos voyages dans cette vaste colonie française.

Dès l'année 1900, nous avons indiqué qu'il existait, entre le désert du Sahara et la grande forêt vierge équatoriale, 3 bandes principales de végétation : la zone sahélienne, la zone soudanienne et la zone guinéenne ([1]). Nous avons reconnu depuis que cette distinction était insuffisante et qu'il existait d'autres grandes régions botaniques.

En reportant nos observations sur une Carte au $\frac{1}{3000000}$ dressés en tenant compte des plus récents progrès de la géographie de ces régions, en y ajoutant pour les provinces que nous n'avons pas parcourues les indications relatives à la géographie botanique recueillies par divers explorateurs français, en tenant compte aussi pour les colonies étrangères voisines des

([1]) AUG. CHEVALIER, *Les zones et les provinces botaniques de l'Afrique occidentale française* (*Comptes rendus*, 30 avril 1900).

travaux de Sir Harry Johnston (Liberia et Sierra-Leone), de Thompson (Gold-Coast), de A. Engler (Togo) nous avons pu établir une Carte botanique dont nous présentons aujourd'hui la minute à l'Académie des Sciences et qui sera publiée ultérieurement.

Nous nous proposons d'indiquer ici les grandes divisions de cette Carte au point de vue de la géographie botanique.

1° *Zone sahélienne.* — Entre le 17^e et le 20^e degré de latitude N se trouve la limite indécise entre le Sahara et la zone sahélienne que nous avons pu tracer, grâce surtout aux travaux de Chudeau. Cette zone est caractérisée par une courte saison des pluies pendant laquelle il tombe de 20^{cm} à 35^{cm} de pluies par an; de grands espaces sont encore dénudés mais des buissons épineux, souvent très touffus, constitués principalement par *Acacia tortilis* Hayne, *A. Vereck* G. et P., *A. arabica* L., *A. albida* Delile, *Balanites ægyptiaca* Delile, *Zizyphus Jujuba* L., font leur apparition.

Dans la région de Tombouctou, elle est traversée par le Niger, et dans la région de Podor par le Sénégal, de sorte qu'elle présente dans ces deux régions des districts d'inondation avec flore identique à celle des districts inondés analogues, situés plus au Sud.

2° La *zone soudanaise* comprend :

a. Des districts d'inondation couverts en grande partie à la saison des crues par les eaux du Niger, du Bani, de la Volta, etc.

On y observe des Graminées aquatiques en abondance; *Andropogon zizanoïdes* var. *nigritanum* Stapf, *Panicum stagninum* Retz. var. *Burgu* A. Chev. *Panicum pyramidale* Lamk; un riz sauvage : *Oryza Barthii* A. Chev. Ces districts propres à la culture du coton et à celle des céréales tropicales ont été comparés par leur fertilité à la vallée du Bas-Nil, mais la climatologie des deux pays est totalement différente.

b. Les districts de plaines avec brousse clairsemée (végétation de parc) et à proximité des lieux habités des jachères étendues transformées en pâturages à la saison des pluies (les Graminées annuelles dominent).

c. Les districts de plateaux couverts de brousse avec arbres plus nombreux que dans la plaine, des espèces botaniques plus variées, comme Graminées, une dizaine d'espèces d'*Andropogon* à souches vivaces, formant parfois de grosses touffes isolées les unes des autres et brûlées annuellement. Arbres de brousse souvent couverts de *Loranthacées*. Quelques galeries forestières à flore pauvre s'observent déjà dans ces districts.

3° La *zone guinéenne* comprend :

a. Des *plateaux* et des terrains vallonnés dont l'altitude est comprise entre 300^m et 800^m, et sur lesquels coulent des rivières permanentes, plus

ou moins profondément encaissées, bordées de hautes galeries forestières avec abondance de Fougères et de Monocotylédones, les unes arborescentes (*Palmiers*, *Pandanus*, *Dracæna*, *Bambous*), les autres vivant en sous-bois (*Zingibéracées*) ou en épiphytes (*Orchidées*).

Entre les galeries, croît la végétation de parc avec des essences formant par places des peuplements d'une seule espèce (*Berlinia Heudelotiana* Bn.; Bambous : *Oxynanthera abyssinica* Munro).

b. Il existe dans l'Ouest africain une ligne de chapelets montagneux s'étendant depuis Conakry jusqu'au moyen Sassandra, c'est-à-dire sur environ 1000^{km} de longueur et s'élevant de 800^{m} à 1500^{m} d'altitude [1]. C'est sur leurs flancs que naissent : le Sénégal, la Gambie, le Niger, le Saint-Paul, le Cavally, le Sassandra.

Sur ces montagnes, dont quelques-unes ont quelques centaines de kilomètres carrés d'étendue et d'autres à peine quelques hectares, croissent une profusion de Fougères, dont plusieurs espèces arborescentes (*Cyathea*), de très nombreuses plantes épiphytes : *Orchidées*, *Begonia*, *Peperomia*, enfin des plantes de la zone subalpine africaine appartenant les unes à des genres représentés en Europe : *Rubus, Hypericum, Hydrocotyle*, *Olea*, *Cardamine* et d'autres caractéristiques de la flore des montagnes d'Abyssinie ou du Cameroun. Sur les plantes les plus abruptes vit souvent une Cypéracée (*Eriospora pilosa* Benth.) donnant naissance à des tourbières sur lesquelles nous avons déjà attiré l'attention.

4° *Zone des basses plaines.* — Entre la zone des galeries forestières et celle de la grande forêt s'étend cette zone couvrant notamment le Baoulé, le bas et le moyen Dahomey, le Lagos. Quoique son climat ait des analogies avec celui de la forêt, la flore y présente des savanes incendiées annuellement analogues à celle de la zone soudanaise, mais les espèces sont généralement différentes et les galeries forestières y font presque complètement défaut. C'est par excellence la zone des riches peuplements du Palmier à huile (*Elæis guineensis* Jacq.) au Dahomey; celle des savanes à *Borassus* au Baoulé; enfin partout le climat est favorable à la culture des Ignames qui constituent dans cette zone la base de l'alimentation des indigènes.

5° *Zone de la grande forêt vierge*, — Elle couvre le sud de la Guinée française, la République de Liberia, une partie de la Côte de l'Ivoire et de la

---

(1) Au cours de notre dernière exploration nous avons effectué au baromètre Fortin un grand nombre d'observations altimétriques. Nous ne saurions trop remercier M. Angot, directeur du Bureau central météorologique, sous la direction duquel ont été calculées les altitudes.

Gold-Coast, et elle se relie par de petits îlots situés au Dahomey avec la grande sylve équatoriale.

Plus de 400 espèces d'arbres appartenant aux familles les plus variées la constituent. Elles sont associées à de nombreuses lianes et dans les sous-bois foisonnent des *Zingibéracées*, des *Fougères* et parfois des Bambous nains.

ANTHROPOLOGIE. — *La castration chez l'homme et les modifications qu'elle entraîne dans les grandeurs des divers segments du corps*. Note de M. **Eugène Pittard**, présentée par M. Laveran.

En 1903 (¹) et en 1904 (²) nous avons présenté, ici même, les résultats de nos premières études sur les modifications anthropométriques apportées chez l'homme par la castration.

Nous rappelons que les castrats étudiés sont des eunuques religieux connus sous le nom de *Skoptzy*. Et la question de la race considérée pouvant avoir une importance, les hommes n'étant pas construits sur un canon unique, nous rappelons encore qu'il s'agit ici, dans leur presque totalité, de Vélikorousses.

Pendant l'année 1910, nous avons pu examiner 30 nouveaux Skoptzy.

Pour le moment nos observations concernent la taille totale, la grandeur du buste et la longueur des membres inférieurs. Et nous renvoyons, pour les détails relatifs à la vie sociale des Skoptzy, à un Mémoire paru en 1903 (³).

Les conclusions de nos nouvelles observations anthropométriques peuvent se résumer de la manière suivante :

I. La taille moyenne des 30 Skoptzy examinés en 1910 est de $1^{m},821$. C'est un chiffre très élevé. Les Russes de la Russie d'Europe (les Skoptzy sont sortis de leurs rangs) ont la taille moyenne $1^{m},642$. D'autre part, la taille moyenne des 41 Skoptzy étudiés en 1904 atteignait $1^{m},72$. Mais ces 41 Skoptzy étaient un mélange d'individus glabres (castration avant la nubilité) et d'individus poilus. En ne considérant que les glabres, la taille moyenne de ces 41 castrats se relevait de 2^{cm} ($1^{m},74$).

(¹) *Comptes rendus*, séance du 8 juin 1903.

(²) *Comptes rendus*, séance du 10 octobre 1904.

(³) Eugène Pittard, *Les Skoptzy. La castration chez l'homme et les modifications anthropométriques qu'elle entraîne* (*L'Anthropologie*, Paris, 1903).

Aujourd'hui, nous ne considérons que des glabres. C'est évidemment la raison pour laquelle la taille moyenne des 30 Skoptzy présentement étudiés est si élevée (minimum de la taille $1^{m},66$; maximum $1^{m},96$). Sur 30 hommes, il y en a 27 qui possèdent ou qui dépassent la taille $1^{m},74$ qui est déjà très haute.

Ce premier résultat est une éclatante confirmation de ce que nous avons indiqué dans les Notes précédentes : *la castration augmente considérablement la taille absolue du groupe humain qui la subit.*

II. Les grandeurs absolues du buste et des jambes montrent une diminution relative de la première, au profit d'une augmentation relative de la seconde. D'une manière générale, la grandeur relative du buste diminue au fur et à mesure que la taille s'élève, tandis que, dans les mêmes relations, la longueur des jambes augmente. Chez les 30 Skoptzy examinés, la hauteur moyenne du buste est $890^{mm},1$ et la longueur moyenne des jambes $931^{mm},6$.

III. En établissant le rapport de la longueur des jambes à la hauteur du buste, chez les 30 Skoptzy de la présente série, on obtient l'indice considérable 104,87. La longueur des jambes atteint ou dépasse la hauteur du buste dans la proportion de 73,4 pour 100. Ce chiffre est énorme et dépasse de beaucoup celui exprimé dans cette Note de 1904 (où cette proportion était de 54 pour 100).

IV. Cette longueur excessive des jambes chez les eunuques Skoptzy est encore marquée par le rapport de la grandeur de cette partie du corps à la taille totale. Ce rapport est représenté par le chiffre 51,05 (sur 30 hommes, 10 atteignent et dépassent l'indice 52; 17 atteignent et dépassent l'indice 51).

Les observations ci-dessus sont une remarquable confirmation de nos précédentes conclusions (voir *Comptes rendus*, 1904). Elles nous permettent d'affirmer définitivement que la très haute stature des eunuques (stature qui est bien au-dessus de celle du groupe ethnique auquel ils appartiennent) provient surtout d'un développement exagéré dans la longueur des jambes. Cette exagération de développement reste, en même temps, fonction de la taille.

PHYSIOLOGIE. — *Observations sur le rendement et l'évaluation du travail de l'homme.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Armand Gautier.

1. En partant de la définition même du travail, qui est le produit d'un effort par le déplacement de son point d'application, on reconnaît sans peine

qu'il est difficile d'évaluer en *kilogrammètres* toutes les modalités du travail de l'homme.

Le cas le plus accessible au calcul est celui de l'ascension d'une hauteur, d'un escalier par exemple, dans laquelle l'effort est *au moins égal* au poids de l'homme qui s'élève. Soit P ce poids, on a $\mathfrak{T}_m = P \times h$.

Dans le travail résistant de la descente, au contraire, l'effort est inférieur à P, d'autant plus que la vitesse de descente est plus grande. On s'en ferait une idée en imaginant que la force musculaire s'exerce sur une masse inerte par l'intermédiaire d'une corde passant sur une poulie mobile.

De cette considération il résulte, comme le constate l'expérience, que la dépense du travail moteur $\mathfrak{T}_m$ est supérieure à celle du travail résistant $\mathfrak{T}_r$, toutes choses égales d'ailleurs. Inversement, la diminution de la dépense est une conséquence du moindre travail produit par l'effort musculaire.

2. Des faits aussi simples sont parfois méconnus. Nous en donnerons une preuve toute récente, notée dans le bel Ouvrage de M. Jules Lefèvre sur *l'énergétique animale* [1]. M. Lefèvre raisonne sur le travail résistant comme on le fait, à bon droit, sur le travail moteur. Il écrit

$$\frac{\mathfrak{T}_m}{D} = R, \qquad \frac{\mathfrak{T}_r}{D'} = R',$$

D et D′, R et R′ étant les dépenses strictes et les rendements scientifiques des travaux $\mathfrak{T}_m$ et $\mathfrak{T}_r$.

A dépenses égales, si $D = D'$, on obtient $\frac{\mathfrak{T}_m}{R} = \frac{\mathfrak{T}_r}{R'}$, c'est-à-dire que, pour exprimer en kilogrammètres le travail résistant, il faudrait multiplier le travail moteur par le rapport des rendements; on aurait

$$\mathfrak{T}_r = \mathfrak{T}_m \times \frac{R'}{R}.$$

Jusque-là, ces relations traduisent tout uniment les faits de l'expérience. Mais M. Lefèvre ajoute que, d'après les expériences de M. Chauveau, le rendement résistant R′ est *double* du rendement moteur R. Ceci ne paraît pas exact. En effet, le rendement résistant a été calculé dans l'hypothèse de $\mathfrak{T}_r = \mathfrak{T}_m$, ou si l'on veut dans une hypothèse plus inacceptable qui assimile le travail des muscles à celui de la gravitation, et conduirait, si on la poussait plus loin, à un rendement infini dans la chute d'un homme tombant d'un échafaudage. Donc, l'introduction dans les calculs de cette valeur R′ constitue une pétition de principe. R′ doit, en effet, être calculé pour

[1] *Bioénergétique*. Paris. Masson, 1911.

une même personne descendant d'une hauteur connue, en fonction du travail réellement effectué et de la dépense correspondante. M. Chauveau avait, par avance, condamné l'usage du rendement résistant, en montrant que les mouvements très lents le rapprochent du rendement moteur : c'est le cas de $\mathfrak{T}_r$ assez voisin de $\mathfrak{T}_m$, et presque du même ordre de grandeur (1). A tout prendre, si $\mathfrak{T}_m$ et $\mathfrak{T}_r$ sont évalués en kilogrammètres, leurs rendement respectifs ne doivent pas différer notablement. Et l'on arrive à cette conclusion que l'évaluation du travail doit se faire, et ne peut se faire pratiquement que d'après la dépense. C'était le point de vue de Lavoisier, exposé en une page inoubliable (2), et accepté par Coulomb (3).

En bonne rigueur, l'incertitude de la constante du rendement, suivant la nature, la forme du travail, oblige à des réserves, comme nous l'avons indiqué (4) en 1909.

3. Quant à la valeur moyenne de ce rendement, elle dépend de l'aptitude des groupes musculaires actifs, aptitude que favorisent la continuité de l'exercice, l'entraînement, l'adresse professionnelle. De nombreuses expériences, fondées sur la méthode des rations d'entretien et leurs valeurs énergétiques (5), nous ont conduit au rendement de 32 pour 100 chez des cultivateurs; nous mesurions le travail des jambes chez les ouvriers habitués à l'exercice.

Sur les ouvriers des chais du Midi, également entraînés, M. Armand Gautier (6) obtint près de 39 pour 100, et en moyenne $\frac{1}{3}$ pour 100. L'ascension du mont Blanc avait fourni à l'observation de Dumas et Boussingault une valeur sensiblement égale (7).

---

(1) *Comptes rendus*, 1896 et 1899.

(2) *Œuvres* (Édition officielle), t. II, p. 688 et suiv.

(3) *Mémoires de l'Institut*, An VI.

(4) JULES AMAR, *Le rendement de la machine humaine*, p. 75. Paris, 1910.

(5) M. Lefèvre, dans son Ouvrage déjà cité, me reproche d'avoir employé les valeurs énergétiques des aliments assimilés pour calculer les *coefficients thermiques de l'oxygène;* en conséquence, il fait des réserves sur les rendements de 32 pour 100. Je reconnais volontiers que les coefficients de l'oxygène ne doivent se rapporter qu'aux données thermochimiques inscrites dans les Tables; mais je n'en avais pas fait usage. Mes déterminations concernent les principes immédiats des rations déduits de l'analyse, la valeur énergétique d'après la composition, et nullement d'après la dépense en oxygène. Cela justifie mes calculs et dissipera, je l'espère, la confusion faite par M. Lefèvre.

(6) Armand GAUTIER, *L'alimentation et les régimes*, 3e édition. Paris, 1910, Masson.

(7) *Essai de statique chimique des êtres organisés*, 1844.

Dans les autres travaux qui ne supposent pas des conditions de parfait entraînement, le rendement ne semble pas dépasser 25 pour 100.

En résumé, la comparaison des formes si variées de l'activité ouvrière, professionnelle, pourrait s'établir en faisant état de la dépense que chacune d'elles nécessite, dépense évaluée, très simplement, en mesurant *l'excès* d'oxygène consommé pour une heure de travail, c'est-à-dire quand l'homme est parvenu au régime permanent de son activité. L'importance de cette méthode et des critiques précédentes est d'autant plus grande qu'il est extrêmement difficile de déterminer la quantité de travail journalier par une mesure directe.

PHYSIOLOGIE. — *Viscosité et actions diastasiques. Hypothèse sur la nature des diastases.* Note de M. **Pierre Achalme**, transmise par M. Edmond Perrier.

Des expériences et des courbes qui ont fait l'objet de nos précédentes communications en collaboration avec M. Bresson (¹), on peut déduire les lois simples suivantes déterminant le rôle de la viscosité dans les phénomènes diastasiques.

Si l'on désigne par T le nombre de minutes ou de secondes nécessaires à la modification d'une proportion $\frac{x}{a}$ déterminée de la substance sur laquelle on fait agir la diastase, par ζ la viscosité du milieu, par z une viscosité fixe pour chaque température pour laquelle suivant les courbes le temps nécessaire à l'action serait égale à zéro, nous avons en première approximation

$$\frac{T}{T'} = \frac{\zeta - z}{\zeta' - z}.$$

Les temps étant inversement proportionnels aux vitesses d'action correspondant à la modification dans l'unité de temps, on peut écrire

$$\frac{T}{T'} = \frac{V'}{V} = \frac{\zeta - z}{\zeta' - z};$$

d'où

$$V(\zeta - z) = V'(\zeta' - z) = \text{const.}$$

Or comme, d'autre part, nous avons suivant la loi de Guldberg et Waage dans une réaction monomoléculaire $V = Kc$, c étant dans l'espèce la concen-

(¹) Séances du 15 mai 1911, p. 1328, et du 22 mai 1911, p. 1420.

tration de la substance passive, nous pouvons écrire

$$V = K\frac{c}{\zeta - z}$$

et

$$V' = K\frac{c'}{\zeta' - z};$$

d'où

$$\frac{V}{V'} = \frac{c(\zeta' - z)}{c'(\zeta - z)}.$$

Il en résulte que : 1° Lorsque $\frac{\zeta - z}{\zeta' - z} = \frac{c}{c'}$, c'est-à-dire lorsque la viscosité augmente comme la concentration, on a

$$c(\zeta' - z) = c'(\zeta - z);$$

d'où

$$\frac{c(\zeta' - z)}{c'(\zeta - z)} = 1;$$

donc $V = V'$, c'est-à-dire que, comme cela a lieu pour les concentrations moyennes en saccharose, la quantité modifiée en l'unité de temps ne varie pas avec la concentration.

2° Si l'on a

$$\frac{\zeta - z}{\zeta' - z} < \frac{c}{c'},$$

c'est-à-dire si la viscosité augmente moins vite que la concentration comme cela a lieu dans les solutions très diluées de saccharose, il en résulte que

$$c(\zeta' - z) < c'(\zeta - z),$$

d'où

$$\frac{c(\zeta' - z)}{c'(\zeta - z)} < 1;$$

donc $V < V'$. La vitesse d'action marche dans le même sens que la concentration.

3° Si l'on a

$$\frac{\zeta - z}{\zeta' - z} > \frac{c}{c'},$$

comme cela s'observe pour les très fortes concentrations, on a

$$c(\zeta' - z) > c'(\zeta - z);$$

d'où

$$\frac{c(\zeta' - z)}{c'(\zeta - z)} > 1;$$

donc $V > V'$. La vitesse d'action marche en sens inverse de la concentration.

4° Dans le cas où $\zeta = z$, le facteur $\zeta - z$ devenant égal à zéro, la vitesse tend vers l'infini; c'est ce qui peut expliquer l'action brusque exercée par certaines diastases comme la papaïne, l'amylase à une température élevée, action brusque que nous avons retrouvée ébauchée dans l'invertine. Il y aura lieu de déterminer z pour chaque température et peut-être pour chaque diastase. Comme première approximation, nous pouvons indiquer que ce point critique se trouve à $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{10}$ au-dessous du coefficient de la viscosité de l'eau à la température considérée.

5° Nous ferons remarquer en outre que, ζ n'étant pas une fonction linéaire de la concentration, aucune intégration de $\frac{dx}{dt} = K\frac{a-x}{\zeta - z}$ n'est possible. C'est ce qui explique l'impossibilité où l'on a été de trouver une constante de vitesse satisfaisante pouvant s'appliquer à toutes les concentrations.

6° Toutes ces équations supposent que le facteur sur lequel agit la viscosité ne change pas. Mais ce facteur est forcément fonction du diamètre de la molécule matérielle sur laquelle le frottement exerce son action. Il en résulte que si ce diamètre est infiniment petit, la fonction viscosité-diamètre tendra vers zéro et l'influence de la concentration apparaîtra seule. Tel est le cas pour les acides, l'action étant due aux ions H dont le diamètre est extrêmement petit. La viscosité joue, au contraire, un rôle d'autant plus grand que le diamètre de la particule matérielle augmente, comme c'est le cas pour les solutions colloïdales. Ce fait donne une explication simple de l'apparente différence qui existe entre l'action hydrolisante des diastases et celle des acides.

Ceci nous amène à résumer en quelques mots l'hypothèse sur la constitution et le mode d'action des diastases, qui nous a guidé dans nos recherches.

Grâce aux travaux les plus récents, parmi lesquels ceux de Victor Henri et de ses collaborateurs, A. Mayer, M^lle^ Philoche, etc., occupent une large place, on peut considérer comme acquis que les diastases sont des colloïdes catalysateurs spécifiques.

Nous avons cherché à concréter ces notions un peu abstraites de catalyse et de spécificité, et nous sommes parvenu à nous représenter objectivement

les diastases de la manière suivante qui nous semble d'accord avec les notions acquises dans ces derniers temps sur la constitution de la matière.

D'après cette hypothèse les diastases seraient constituées par des granules colloïdaux de nature organique, présentant à leur surface, conformément aux recherches de M. Jean Perrin, une charge électrique due aux ions qui y sont fixés et proviennent de la dissociation électrolytique des sels de l'organisme.

Ces granules chargés d'électricité sont agités perpétuellement, autant que la viscosité du milieu le leur permet, par le mouvement brownien qui apparaît ainsi comme le *primum movens* des réactions diastatiques; car, conformément aux lois électromagnétiques, les granules se comportant comme des charges en mouvement irradient de l'énergie à chaque changement de direction ou modification de vitesse.

Cette énergie peut se concevoir sous forme d'électrons en mouvement ou de vibrations de l'éther. Si nous supposons qu'à la vitesse de ces électrons ou à la période de ces vibrations, correspond le mouvement intramoléculaire de la substance passive, il se produira dans ces molécules des phénomènes de résonance ayant pour résultat leur dislocation ou leur liaison avec d'autres. L'analogie est évidente avec les phénomènes chimiques produits par les rayons ultraviolets (Berthelot et Gaudechon, V. Henri, etc.).

La spécificité de chaque diastase serait liée à l'accord de résonance entre la qualité (vitesse ou période) de l'énergie irradiée par le granule et la nature de la substance passive. Elle serait due à la nature chimique et à la proportion relative des ions fixés sur le granule colloïdal qui se comporte comme un ion complexe.

Cette hypothèse, qui rapproche l'action diastasique de la biophotogenèse, a guidé nos recherches depuis déjà longtemps et nous a semblé expliquer mieux que toute autre les phénomènes déjà connus. L'importance du rôle de la viscosité apporte à cette conception un commencement de preuve objective.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la formation d'acides nitreux dans la cellule vivante.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. E. Roux.

Les sucs végétaux privés de nitrate renferment, on le sait, quelques minutes ou quelques heures après leur préparation, un corps capable de décomposer l'iodure de potassium, ou plus exactement l'acide iodhydrique avec mise en liberté d'iode.

En étendant mes observations aux microbes, aux tissus et liquides animaux, j'ai réussi à établir que la production d'acide nitreux est une fonction probablement commune à toutes les espèces vivantes.

Je vais résumer dans cette Note les conclusions tirées de l'étude des microbes.

Jusqu'ici, le vibrion cholérique était, à ma connaissance, le seul microbe connu doué de la propriété de produire de l'acide nitreux dans les milieux organiques privés de nitrates, les ferments nitrificateurs de l'ammoniaque mis à part.

J'ai isolé du sol, des sucs végétaux, quelques espèces qui possèdent la même propriété.

Mes observations ont porté sur six espèces :

1 sarcine jaune aérobie, isolée du suc de plantules de pois;

3 coccobacilles mobiles, aérobies;

1 bacille mobile sporogène, anaérobie facultatif;

1 bacille mobile fin, aérobie, isolé de la terre.

Tous ces microbes produisent de l'acide nitreux dans les milieux ordinaires, mais non dans le lait ni dans le sérum liquide, ni dans les sucs végétaux ou animaux, riches en matières réductrices.

Ils en forment dans les milieux minéraux en quantités moindres que dans les milieux organiques.

Dans ces derniers, la concentration en acide nitreux ne dépasse pas $\frac{1}{25\,000}$; dans les milieux minéraux, elle atteint $\frac{1}{33\,000}$ au maximum.

Tous les microbes examinés ne produisent pas la même quantité d'acide nitreux, la sarcine et le bacille sporogène sont les moins actifs, l'acide nitreux disparaît dans les cultures de sarcines au bout de 48 heures; dans les cultures des autres espèces, il se détruit plus lentement; il persiste quelquefois indéfiniment.

Pour démontrer qu'il s'agit bien d'une production d'acide nitreux, j'ai utilisé comme milieu de culture la solution minérale suivante :

Chlorure d'ammonium	1,5
Phosphate tripotassique	2
Sulfate de magnésium	1
Sulfate ferreux	0,04
Chlorure de sodium	0,04
Carbonate de calcium	2
Saccharose	20
Eau du robinet	1000

Concentrées mille fois, les cultures légèrement alcalinisées se prêtent à des

déterminations quantitatives par le procédé Müntz [1] (action du sulfate ferreux à l'ébullition sur les nitrites). On peut recueillir ainsi de 5^{cm^3} à 20^{cm^3} de bioxyde d'azote très facile à caractériser avec la certitude nécessaire.

Sur le liquide distillé après concentration et acidification légère, on peut faire toutes les réactions de l'acide nitreux par comparaison avec des solutions d'égale richesse en nitrite de sodium ou d'action équivalente en eau oxygénée.

Toutes les réactions de l'acide nitreux se produisent avec une netteté parfaite; la réaction de l'eau oxygénée fait toujours défaut malgré toutes les précautions prises pour éviter sa destruction.

Les cultures en milieux organiques doivent être traitées avec plus de précautions.

Le meilleur procédé pour éviter les pertes d'acide nitreux consiste à distiller à 35°, sous pression réduite, le liquide de culture légèrement acidulé. Le liquide recueilli peut être concentré par des distillations successives à 100°, en milieu alcalin ou acide suivant qu'on veut vérifier ou non la présence de l'eau oxygénée. On constate ainsi que dans les milieux organiques, il ne se forme non plus que de l'acide nitreux.

Voyons maintenant les conditions de sa formation.

L'acide nitreux se forme très vite dans les milieux organiques; la réaction est perceptible au bout de 4 à 8 heures de culture à 20°, bien que le bouillon ne présente qu'un louche à peine perceptible; l'acide nitreux n'est donc pas un produit d'autolyse.

L'aération intense gêne sa formation :

20^{cm^3} de bouillon de haricot placés dans des tubes d'essai de 20 sur 18 donnent une réaction positive au bout de 18-24 heures à 20°; avec la même quantité de semence et le même volume de bouillon elle ne devient perceptible qu'après 42 heures dans des fioles d'Erlenmeyer de 250^{cm^3}.

Si l'on soumet des cultures en solution minérale à la même épreuve, la réaction de l'acide nitreux est positive en moins de 24 heures dans les tubes; dans les fioles après plus de 4 jours.

Lorsqu'on transvase les cultures en milieu minéral des fioles dans les tubes, avant l'apparition de l'acide nitreux, la réaction s'obtient après quelques heures de séjour dans les tubes.

On voit donc qu'une aération active gêne la formation de l'acide nitreux, ce qui prouve que cette forme de nitrification est tout à fait différente dans son processus intime de la nitrification véritable mise en lumière par MM. Schlœsing et Müntz et étudiée dans son mécanisme biologique par Winogradsky.

---

(1) Publié par MM. Boulanger et Massol, *Microbes nitrificateurs* (*Ann. de l'I. P.*, 1903).

L'action empêchante de l'air n'est qu'apparente; il s'en forme vraisemblablement dans les cultures aérées plus que dans les cultures en tubes; mais l'acide nitreux est utilisé dans ces condititions plus vite qu'il ne prend naissance; la résultante des deux actions inverses est nulle.

L'emploi des tubes en U bien purgés d'air, dont l'une des branches renferme la culture anaérobie du bacille sporogène, l'autre le réactif de Tromsdorff, permet de constater que l'acide nitreux se forme bien à l'abri de l'air et non après l'ouverture des tubes par une oxydation immédiate d'une substance *pronitreuse* élaborées par les microbes.

Une émulsion dans l'eau distillée, de corps de microbes jeunes, raclés avec précaution sur des tubes de gélose, ne donne pas immédiatement la réaction de l'acide nitreux; elle apparaît au bout de 1 ou 2 heures et plus, suivant l'âge des cultures, les cultures âgées étant moins actives que les cultures jeunes. La réaction disparaît plus ou moins vite suivant les produits d'autolyse. Les mêmes faits s'observent avec des émulsions placées à l'abri de l'air dans des ampoules fermées et même avec celles qui sont faites au moyen de jeunes cultures d'aérobies stricts.

Ces faits prouvent que l'azote de l'air n'intervient pas dans le phénomène, que l'acide nitreux se forme aux dépens de l'oxygène combiné comme en présence d'oxygène libre, qu'il prend naissance sur une fonction azotée des composés qui constituent la cellule, mais qu'il est impossible de démontrer s'il existe à l'état libre ou combiné, en raison des faibles quantités qu'on peut recueillir.

Les émulsions de corps de microbes ne renferment pas de peroxydase, à part celles de la sarcine qui bleuissent très légèrement la gaïac oxydé.

On voit donc que la formation de l'acide nitreux ou d'une fonction nitreuse, liée étroitement à l'activité de la combustion respiratoire dont les microbes sont le siège, joue vraisemblablement un rôle intéressant dans la vie de la cellule.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Électrocution des Poissons et stabilité hydrostatique.* Note de M. C. **Alliaud** et **F. Vles** (1), présentée par M. Yves Delage.

Pour répondre à une question posée par M. le professeur Houssay à l'un

(1) Depuis l'exécution de ce travail, mon ami Alliaud est mort dans un déplorable accident; d'accord avec ses maîtres et sa famille, je publie ici les résultats acquis en commun. — F. V.

de nous, nous avons recherché expérimentalement au laboratoire de Roscoff si la position normale du poisson dans l'eau (ventre en bas, dos en haut) est l'expression d'un équilibre statique ou d'un équilibre dynamique; en d'autres termes si le poisson se comporte comme un navire convenablement lesté, ou bien s'il se trouve dans une situation quelque peu comparable à celle d'un homme sur une bicyclette, se maintenant dans une position instable au moyen d'un travail musculaire continu. Il est d'observation courante que beaucoup de poissons morts flottent le ventre en l'air; mais ce fait ne peut être un argument suffisant en faveur de la seconde hypothèse qu'au cas où il se rapporte à des animaux observés immédiatement après une mort brusque : de nombreuses conditions peuvent, en effet, intervenir au bout d'un temps plus ou moins court après la mort (formation de gaz intestinaux, etc.) qui changent complètement les conditions d'équilibre. Divers essais tentés par Alliaud pour produire une paralysie brusque des poissons par section du bulbe n'ayant pas été très satisfaisants, nous avons adopté une méthode complètement différente dont les résultats ont été extrêmement nets : elle consiste à électrocuter le poisson dans son élément, au moyen d'un courant de caractéristiques telles que la paralysie de l'animal soit immédiate, *mais ne soit pas suivie de mort*, et qu'à la rupture du circuit l'animal puisse revenir plus ou moins vite à son état normal. Le dispositif, très simple, consistait en une cuve d'eau de mer, aux deux extrémités de laquelle étaient immergées deux larges électrodes en zinc; le courant employé était du continu sur 110 volts, et 2 à 3 ampères.

Résultats : 1° Sur les genres *Labrus*, *Crenilabrus*, *Gobius*, *Motella*, l'électrocution produit un résultat remarquable : à la fermeture du courant, l'animal bascule brusquement de 180° autour de son axe longitudinal, et se place ventre en haut, dos en bas, l'inverse de la position normale. L'inversion faite, l'animal reste allongé rectilignement, rigide, sans aucun mouvement musculaire, aussi longtemps que passe le courant. On note parfois une très lente descente de l'animal vers le fond de la cuve, chute passive résultant de ce que la densité de ces poissons est le plus souvent très légèrement supérieure à celle de l'eau de mer.

2° Au moment de la rupture du courant, si celui-ci a été convenablement dosé, l'animal reprend brusquement d'un coup de queue sa position normale, ventre en bas. Ces deux phénomènes, inversion puis redressement (instantanés l'un et l'autre), peuvent être produits avec toute la netteté désirable.

3° Deux échantillons nous ont cependant donné de mauvais résultats,

mais cette discordance tient à des circonstances annexes qui ne mettent pas en cause les fondements mêmes du phénomène; le *Cottus*, poisson lourd et mauvais nageur, est resté au fond de la cuve appuyé sur ses larges pectorales, base de sustentation considérable qui lui ôtait toute liberté de virer. Le *Centronotus*, poisson long et mince, s'immobilisait courbé en arc de cercle, le centre de gravité se plaçant alors en dehors de l'animal, d'où un virage irrégulier.

4° On pourrait objecter aux expériences précédentes que l'électrocution n'est peut-être pas sans amener des effets perturbateurs brusques sur certains organes susceptibles d'influencer l'équilibre du poisson : peut-être s'accompagne-t-elle, par exemple, chez les échantillons où cet organe existe, d'une dilatation de la vessie natatoire sous un effort musculaire quelconque. Nous avons répondu à cette objection par deux expériences : l'une dans laquelle nous avons électrocuté des Labres dont la vessie natatoire était mise par un trocart en communication avec l'eau extérieure, de façon à assurer la constance de son volume gazeux en cas de dilatation brusque. Le résultat de l'électrocution est le même que précédemment. Dans l'autre expérience, la vessie natatoire du Labre, largement ouverte, était complètement vidée de ses gaz et remplie d'eau : même résultat, mais avec un alourdissement manifeste du poisson, qui exécutait un virage très lent, tombait plus rapidement sur le fond, et y restait couché sur le côté.

Interprétation des faits ci-dessus : le centre de gravité du Téléostéen est au-dessus de son centre de poussée hydrostatique; c'est par un effort musculaire constant que l'animal se maintient dans sa position normale, ventre en bas, dos en haut, position qui représente un équilibre instable. Ces résultats confirment ce qu'avait indiqué Monoyer [1] en 1866.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Actions des rayons ultraviolets sur le saccharose.* Note de MM. **Henri Bierry**, **Victor Henri** et **Albert Ranc**, présentée par M. A. Dastre.

Nous avons montré par une série de recherches précédemment exposées [2] que l'ensemble des rayons ultraviolets émis par une lampe à mercure en quartz provoquait des phénomènes d'oxydation, d'hydrolyse et

(1) Monoyer, *Ann. des Sc. nat.*, 1866.

(2) *Comptes rendus Soc. Biologie*, 14 mai 1910; *Comptes rendus*, 25 juillet 1910 et 27 février 1911.

de dégradation. C'est ainsi que nous avons constaté la formation de glycérose aux dépens de la glycérine, la production de sucres réducteurs à partir de certains polyoses, et que dans les produits de décomposition de la molécule de *d*-fructose nous avons mis en évidence la présence d'oxyde de carbone et d'aldéhyde formique.

Lorsqu'on soumet à l'action de ces radiations des solutions de saccharose à diverses concentrations dans l'eau distillée, et cela à des températures où l'hydrolyse spontanée de ce sucre ne se produit pas, on observe un certain nombre de modifications : abaissement du pouvoir rotatoire, apparition d'un pouvoir réducteur (1), formation de corps à fonction acide ou aldéhydique, dégagement gazeux, qui témoignent des transformations subies par ce biose.

Pour suivre ces transformations l'examen polarimétrique et le dosage cuprique fournissent d'utiles indications, mais l'interprétation qu'on en peut tirer, relativement à la formation de sucre interverti, peut être entachée d'erreurs par suite de la présence, dans les liqueurs d'expériences, de corps réducteurs (2) ou optiquement actifs, autres que le glucose et le lévulose. De plus, par la méthode des osazones, on ne peut pas caractériser une hydrolyse du sucre de canne, celui-ci donnant de la phénylglucosazone par chauffage à 100° en présence d'acétate de phénylhydrazine. Pour mettre en évidence d'une façon certaine le sucre interverti en présence de saccharose, deux moyens étaient à notre disposition : l'isolement du lévulose à l'état de combinaison calcique par la méthode de Jungfleisch et Lefranc, ou la préparation des hydrazones du glucose et du lévulose d'après le procédé de C. Tanret (3), ces deux méthodes permettant de régénérer l'un ou les deux monoses constituants du sucre de canne en passant par des dérivés qu sont caractéristiques.

Nous avons pu ainsi constater la présence de sucre interverti, toutes les fois que la proportion de celui-ci par rapport au saccharose non attaqué

(1) Le sirop, obtenu par distillation des liqueurs dans le vide à 45°, réduit le Fehling à la température du laboratoire après un temps de contact variant de 5 à 20 minutes. On doit penser à la formation d'osones, mais disons, dès maintenant, que la recherche des osones en présence du lévulose est délicate, le lévulose pouvant, suivant sa concentration, réduire rapidement le Fehling et donner de la glucosazone avec l'acétate de phénylhydrazine à + 15° ou + 20°.

(2) Il y a formation d'aldéhyde formique et d'autres corps à fonction aldéhydique donnant des combinaisons avec la phénylhydrazine.

(3) C. Tanret, *Bull. Soc. chimique*, 1902, p. 393.

était assez forte, mais nous n'avons plus obtenu de résultats suffisamment nets dans les expériences où nos solutions étaient soumises pendant un temps très court aux radiations ultraviolettes. Nous avons alors songé [1], pour nous assurer s'il y avait dédoublement du saccharose au début de l'irradiation, à former les hydrazones du lévulose et du glucose, à les séparer soigneusement du liquide sucré et à les transformer ensuite en phénylglucosazone facile à caractériser.

Les exemples suivants résument les expériences réalisées : les solutions de saccharose ont été exposées, avec ou sans carbonate de calcium, aux radiations ultraviolettes, soit dans le vide à 40°, soit au contact de l'air à 20° seulement.

Expérience I. — 150$^{cm^3}$ de saccharose à 5 pour 100, introduits dans un ballon de quartz, sont irradiés à 40°. (Le ballon dans lequel le vide a été fait est relié à une burette remplie de Hg qui permet de recueillir les gaz, mais à aucun moment la solution de saccharose ne se trouve en contact du mercure.)

Au bout de 72 heures d'irradiation on observe un dégagement gazeux ; au bout de 168 heures d'irradiation, la solution de saccharose devenue acide au tournesol est concentrée à 45° dans le vide. Du sirop obtenu on isole le lévulose en nature après l'avoir fait passer à l'état de lévulosate de Ca.

Expérience II. — Même expérience que I, mais à la solution, exposée aux rayons ultraviolets, on a ajouté du CO^3Ca. Au bout de 168 heures d'irradiation on n'observe pas de dégagement gazeux ; il y a cependant hydrolyse d'une partie du saccharose.

Expérience III. — 500$^{cm^3}$ de saccharose à 5 pour 100 sont placés dans une cuve et irradiés à la température de 20°, au contact de l'air (l'eau est remplacée au fur et à mesure de l'évaporation). Après 185 heures d'irradiation, présence de sucre interverti.

Expérience IV. — Même que III, mais irradiation faite après addition de CO^3Ca à la solution de saccharose. Dans le même temps, le sucre interverti est en quantité moitié moindre que dans III.

De ces faits ressort nettement la présence de sucre interverti dans des solutions de saccharose soumises à l'action des radiations ultraviolettes ; l'inversion du sucre de canne est déjà sensible après 20 heures d'irradiation à 40°. Une solution de saccharose après une exposition de 48 heures ($t = 40°$) renferme CH^2O, alors qu'on n'observe pas encore de dégagement gazeux. Le dégagement gazeux, qui est un phénomène secondaire, ne s'observe guère qu'après 72 heures, il devient marqué au 5^e ou 6^e jour d'irradiation à 40° ; de ce mélange gazeux, 50 pour 100 des gaz combustibles sont constitués par CO. Les solutions irradiées dans les mêmes conditions, mais en présence de CO^3Ca, ne dégagent pas de gaz.

---

(1) *Comptes rendus Soc. Biologie*, 27 mai 1911.

Conclusions. — Dans l'action des rayons ultraviolets sur le saccharose, on constate d'abord une hydrolyse de ce biose, puis une dégradation des hexoses formés; dégradation qui va jusqu'à la formation d'aldéhyde formique et puis d'oxyde de carbone.

MÉDECINE. — *Le typhus expérimental du cobaye.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **E. Conseil** et **A. Conor**, présentée par M. E. Roux.

Lorsqu'on inocule à plusieurs cobayes d'un même lot des quantités variables (8^{cm^3}, 6^{cm^3}, 4^{cm^3}, 3^{cm^3}, 2^{cm^3}) du sang d'un malade atteint de typhus exanthématique, de ces animaux une part succombe en quelques jours dans l'amaigrissement et l'hypothermie, ce sont ceux qui ont reçu les doses les plus élevées. Les autres, au contraire, inoculés de quantités faibles (3^{cm^3}, 2^{cm^3}), ne présentent aucun symptôme apparent; tout au plus une perte de poids passagère. Cependant, si l'on prend la température de ces cobayes qui n'ont témoigné d'aucun trouble objectif, on constate que chez certains, non chez tous, il se produit une fièvre de plusieurs jours comparable à celle que montrent les singes inoculés du même sang et atteints du typhus le plus net.

Déjà ces faits nous avaient frappé au cours de nos recherches de l'an dernier; mais il nous manquait alors la preuve surabondante que pouvaient seuls fournir les résultats de passages alternatifs par cobaye et par singe, et que nous apportons dans cette Note.

La sensibilité du cobaye au virus exanthématique est démontrée par la série d'expériences qui suit :

Premier passage (homme à cobaye). — Avec le sang d'un malade, au onzième jour d'un typhus exanthématique grave, nous inoculons dans la cavité péritonéale le bonnet chinois neuf 64 (4^{cm^3}), le bonnet 42 infecté avec succès en 1910 (5^{cm^3}) et les deux cobayes neufs 51 et 50 (2^{cm^3}).

Le *bonnet* 42, vacciné par son atteinte antérieure, n'a pas réagi; le *bonnet* 64 a contracté un typhus classique de 10 jours de durée après une incubation de 6 jours; le *cobaye* 51 a montré une réaction thermique faible du onzième au dix-neuvième jour; le *cobaye* 50 a présenté, à partir du onzième jour, une élévation de température manifeste qui s'est accentuée jusqu'au quatorzième (voir la courbe ci-après). Elle atteignait 41°,3 lorsque l'animal a succombé des suites d'une ponction cardiaque.

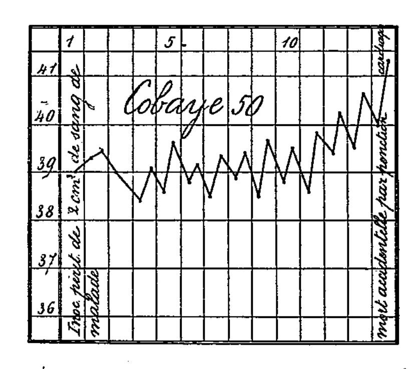
Deuxième passage (cobaye à singe). — Le *bonnet* 70 a reçu, dans la cavité péritonéale, 3^{cm^3},5 de sang du cobaye 50 au quatrième jour de son infection. Six jours plus tard, début d'un typhus grave d'une durée de 12 jours, suivie d'hypothermie (voir la courbe ci-après).

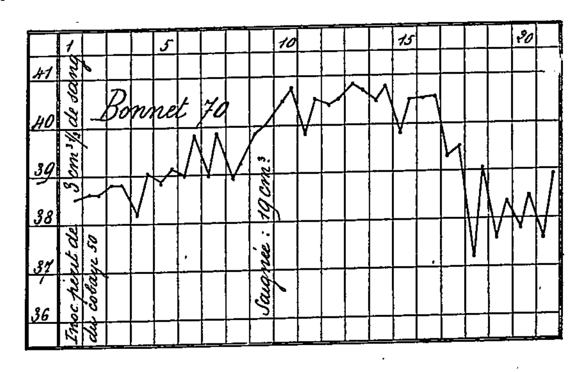
Troisième passage (singe à cobaye). — Avec le sang du bonnet 70, au quatrième

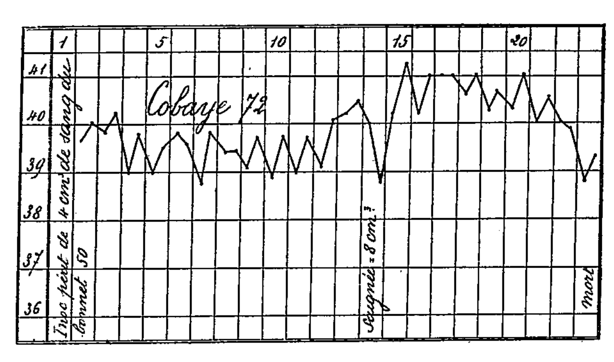
jour de son infection, nous avons inoculé dans la cavité péritonéale le bonnet neuf 71 (5$^{cm^3}$), le bonnet 64 guéri depuis peu de jours de typhus (5$^{cm^3}$) et les cobayes neufs 72 (4$^{cm^3}$) et 75 (3$^{cm^3}$).

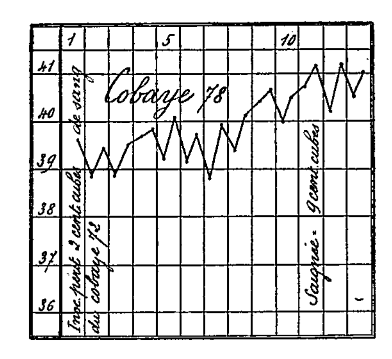
Le *bonnet* 64 vacciné n'a pas réagi; le *bonnet* 71 a contracté un typhus grave de 12 jours de durée après une incubation de 8 jours; le *cobaye* 72, une infection fébrile de 10 jours de durée après une incubation de 11 jours (voir la courbe ci-dessous); le *cobaye* 75 n'avait présenté aucune réaction thermique lorsqu'il a succombé au quatorzième jour de son inoculation des suites d'une ponction cardiaque.

Quatrième passage (cobaye à cobaye et à singe). — *Première ligne.* — Avec le









sang du cobaye 72, au troisième jour de son infection, nous avons inoculé, dans la cavité péritonéale, le bonnet neuf 76 (4$^{cm^3}$) et les cobayes 78 et 79 (2$^{cm^3}$).

Le *bonnet* 76 a pris le typhus après une incubation de 5 jours; le *cobaye* 79 n'a pas réagi; le *cobaye* 78 montre, après 7 jours d'incubation, un typhus des plus nets dont nous publions la courbe arrêtée à la date de la rédaction de cette Note.

Deuxième ligne. — Avec le sang du cobaye 75, prélevé au quatorzième jour après l'inoculation *sans que l'animal ait présenté la moindre perturbation thermique*, nous avons inoculé dans la cavité péritonéale le bonnet neuf 77 (4$^{cm^3}$) et les cobayes 81 (2$^{cm^3}$) et 89 (3$^{cm^3}$,5).

Le *bonnet* 77 a contracté un typhus bénin après 7 jours d'incubation, les *cobayes* 81 et 89 présentent une courbe absolument normale à la date de la rédaction de cet article (treizième jour de leur inoculation).

De nouveaux passages sont en cours et les résultats en seront publiés. Mais, dès à présent, trois faits nouveaux peuvent être considérés comme acquis :

1° La sensibilité du cobaye au virus exanthématique;

2° La virulence pour le singe du sang de cobaye inoculé, *lors même que chez cet animal l'infection ne se traduit par aucune réaction thermique* (cobaye 75);

3° La possibilité de pratiquer au moins quelques passages en alternant cobayes et singes et deux au moins de cobaye à cobaye.

Les résultats que nous publions ici n'ont rien de comparable à ceux signalés par Pignet [1]. Cet auteur, expérimentant sur le lapin et le cobaye avec des poux infectés ou le sang des malades (frictions sur la peau rasée ou inoculation sous-cutanée), a noté des accidents paralytiques, la cachexie et la mort rapide ou lointaine. Il est probable qu'une part de ces accidents relève de l'action toxique du sang humain. Ceux de nos cobayes qui ont reçu des doses trop fortes sont morts en quelques jours, avons-nous dit, de cachexie et d'hypothermie, et c'est précisément parmi ceux qui n'avaient rien présenté d'anormal que le thermomètre nous a permis de déceler l'infection exanthématique. Or Pignet n'a pas fait d'observations thermiques.

Par contre, Ricketts et Wilder ont montré la sensibilité du cobaye au virus de la fièvre tachetée des Montagnes Rocheuses, affection qui n'est pas sans analogie avec le typhus.

GÉOLOGIE. — *Sur un gisement crétace de la vallée du Nakhitchevan-tchaï (Charour-Daralagöz, Transcaucasie méridionale).* Note de **P.** et **N. Bonnet**, transmise par M. Douvillé.

Le massif du Kazan-Iaïla dans le Charour-Daralagöz est bordé à l'Est par la vallée du Nakhitchevan-tchaï, affluent de l'Araxe. Dans cette vallée, près du village d'Itkran (Nijnyi), la rive gauche de la rivière montre une suite de couches concordantes, à plongement N.-E., d'une épaisseur de 60^{m} à 80^{m}.

La base de cette série est constituée par des marnes grises, feuilletées, de plusieurs mètres d'épaisseur, qui nous ont fourni les espèces suivantes :

Glauconia Giebeli Zk. sp., *G. Coquandi* d'Orb. sp., *G. Kefersteini* Zk. sp., *Turritella Fittoni* Münst., *T. nodosa* Röm., *Cerithium hispidum* Zk., *Ampullina bulbiformis* Stol., *non* Sow., *Natica angulata* Sow., *Tylostoma globosa* Sh., *Rostellaria gibbosa* Zk., *R. costata* Sow., *Fasciolaria rigida* Baily sp.,

[1] *Soc. de Pathologie exotique*, 8 décembre 1909, p. 564-567.

Fulguraria elongata Sow. sp., *Plicatula aspera* Sow., *Cucullæa chimiensis* Gümb. sp., *Astarte similis* Münst., *Trochosmilia* sp.

Cette faune présente une remarquable affinité avec celle de certains niveaux à Gastéropodes et Lamellibranches des couches de Gosau. Mais elle paraît être totalement dépourvue de Rudistes, d'Actéonelles et de Nérinées; ces éléments, par contre, se retrouvent dans les couches à faciès de Gosau découvertes par Abich dans le Charour-Daralagöz occidental et le Karabagh méridional, lesquelles ne renferment que quelques formes communes avec le gisement que nous signalons.

La faune des marnes d'Itkran ne possède aucun élément permettant de lui assigner une position précise dans la série des étages supérieurs du Crétacé; mais, dans un banc calcaire situé immédiatement au-dessus, nous avons récolté, avec *Inoceramus latus* Sow. et des Échinides mal conservés, *Inoceramus labiatus* Schloth., nettement turonien : la faune des marnes sous-jacentes est donc ou turonienne ou un peu plus ancienne.

Nous n'avons pu voir que très rapidement les niveaux supérieurs; aussi nous bornerons-nous à de très sommaires indications en ce qui les concerne.

Le niveau à *Inoceramus labiatus* est surmonté par des calcaires grossiers, à la base desquels nous avons recueilli deux fragments d'Ammonites en mauvais état, non en place, mais paraissant bien, d'après leur gangue, appartenir à ces calcaires : l'un semble devoir être rapproché de *Gauthiericeras Margæ* Schlüter sp., l'autre de *Mortoniceras texanum* Röm. sp. Cette formation pourrait donc représenter le Sénonien inférieur.

Viennent ensuite des couches de calcaire gréseux, jaunâtre, se débitant plus ou moins en plaques couvertes de pistes de vers; puis des marnes bleues sans fossiles, et enfin un flysch gréseux à fucoïdes. Il est vraisemblable que cet ensemble correspond au Sénonien supérieur, dont nous avons rencontré ailleurs quelques affleurements fossilifères, en particulier à 8^{km} ou 9^{km} NW de là, au-dessus du village de Goradis; il embrasse peut-être aussi l'Éocène inférieur, nous avons en effet observé des formations identiques dans les vallées septentrionales du Charour-Daralagöz, recouvertes en concordance par du Nummulitique moyen [1].

La coupe d'Itkran présente une série transgressive, au moins dans sa partie inférieure, les couches à faciès de Gosau avec formes saumâtres passant en haut à des couches franchement marines avec Inocérames

(1) Tsouloukidzé a signalé près d'Ordoubad (Matériaux pour la Géol. du Caucase, 1868) le passage latéral d'un *flysch à fucoïdes* à des grès à *Lamna elegans*.

turoniens d'abord, et avec Ammonites du Sénonien inférieur ensuite.

D'ailleurs la transgressivité des termes supérieurs du Crétacé a dû également se manifester ici comme dans le Karabagh méridional et le Charour-Daralagöz occidental, par un empiètement de ces termes sur les terrains anciens de la région, avec formation d'un conglomérat de base emprunté à ces terrains. Nous n'avons pas pu voir le soubassement des couches de Gosau de la vallée du Nakhitchevan-tchaï, mais nous avons observé à 5^{km} en amont dans cette même vallée, un conglomérat assez puissant reposant sur des calcaires carbonifères à Fusulinelles. Ce conglomérat, formé d'éléments empruntés au substratum, est surmonté par des couches sans fossiles, puis par les calcaires du Sénonien supérieur de Goradis.

La seance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 29 mai 1911.

Statistique générale de la France. Annuaire statistique, 29e volume, 1909, publié par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Paris, Imprimerie nationale, 1910; 1 vol. in-4°.

L'Œuvre de Van 't Hoff, par Henry Le Chatelier, Membre de l'Institut. (*Revue générale des Sciences;* 23e année, n° 9, 15 mai 1911, p. 353-359. Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-4°.)

Marriage, totemism and religion, an answer to critics, by Lord Avebury. Londres, Longmans, Green et Cie, 1911; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Institut français d'Anthropologie : Statuts, règlement, liste des membres, comptes rendus des séances; n° 1. Séance des 18 janvier et 15 février 1911. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUIN 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** invite les personnes qui désirent occuper l'un des deux postes d'étude que le Ministère de l'Instruction publique a acquis pour la France au *Laboratoire international du Mont Rose* à envoyer d'urgence leur demande à l'Académie des Sciences.

M. **Bigourdan** entretient l'Académie de la manifestation qui a eu lieu hier à l'Observatoire, en l'honneur de *Le Verrier :* à l'occasion du Millénaire de la Normandie, ses compatriotes sont venus lui témoigner leur admiration et commémorer le centenaire de sa naissance.

Après leur avoir souhaité la bienvenue, au nom de M. le Directeur absent, et de tout le personnel de l'Observatoire, M. Bigourdan a rappelé aux Normands combien ils ont contribué aux progrès de l'Astronomie, et a passé rapidement en revue les travaux et les découvertes d'Auzout, de Jean Lefebvre, de Legentil, des deux Lemonnier, etc., et enfin de Laplace, tous membres de l'Académie des Sciences.

La vie et les travaux de Le Verrier ont été exposés par M. Levatois, secrétaire général du Comité parisien du Millénaire; puis le président du même Comité, M. Salles, a prononcé une courte allocution.

Divers souvenirs de Le Verrier, et ses nombreuses publications, ont été mis sous les yeux de ses compatriotes.

Des petits-enfants et arrière-petits-enfants de Le Verrier assistaient à cette manifestation, ainsi que le personnel de l'Observatoire, notamment M. Gaillot, qui est le plus ancien collaborateur de l'illustre astronome.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 2.6-dibenzoyl-2.6-diméthylheptane et l'acide αα'-tétraméthylpimélique.* Note de MM. **A. Haller** et **Édouard Bauer.**

La production méthodique des trialcoylacétophénones et leur dédoublement, sous l'influence de l'amidure de sodium, en trialcoylacétamides et benzine, nous ont permis de préparer avec des rendements satisfaisants une série d'acides trialcoylacétiques nouveaux.

Il était intéressant de s'assurer si cette méthode de synthèse des acides acétiques trisubstitués pouvait aussi s'appliquer à la production d'acides bibasiques αα' tétraalcoylés.

Deux voies se présentaient à nous pour arriver au résultat cherché :

La première consiste à faire la synthèse des dicétones

$$C^6H^5COC - CH^2 \ldots CH^2COC^6H^5,$$

en faisant agir le chlorure d'aluminium sur un mélange de benzine et des chlorures des acides bibasiques $ClCOCH^2 \ldots CH^2COCl$, et traitant ensuite la dicétone obtenue par de l'amidure de sodium et des iodures alcooliques, jusqu'à la tétraalcoylation

$$C^6H^5.COC\langle{}^R_R CH^2 \ldots CH^2C\langle{}^R_R - COC^6H^5.$$

Cette dicétone, possédant deux fois le complexe trialcoylacétophénone, devait ensuite être scindée, sous l'influence de l'amidure de sodium, en benzine et en l'amide de l'acide bibasique αα' tétraalcoylé

$$C^6H^5CO.C\langle{}^R_R - CH^2 \ldots CH^2C\langle{}^R_R - COC^6H^5 \rightarrow$$

$$H^2N.CO.C\langle{}^R_R - CH^2 \ldots CH^2.C\langle{}^R_R - CONH^2.$$

La deuxième méthode, beaucoup plus générale, car elle permet d'obtenir des dicétones dissymétriques, consiste à partir des dialcoylacétophénones disubstituées sodées sur lesquelles ont fait agir les chlorobromures ou les dibromures méthyléniques $Br(CH^2)^n - Br$

$$2\left[{}^R_{R'}\rangle CNa - COC^6H^5\right] + Br(CH^2)^n.Br$$

$$= C^6H^5.CO.C\langle{}^R_{R'} - (CH^2)^n - C\langle{}^R_{R'} - COC^6H^5 + 2BrNa.$$

Ces dicétones une fois obtenues sont ensuite dédoublées au moyen de l'amidure de sodium.

Le présent travail ne porte que sur la deuxième méthode.

Nous comptons revenir plus tard sur la première méthode, car elle nous a donné des résultats inattendus que nous sommes en train d'élucider.

Comme dialcoylacétophénone nous avons employé l'isopropylphénylcétone facile à obtenir par l'action du chlorure d'aluminium sur un mélange de chlorure d'isobutyryle et de benzine.

Nos premiers essais ont porté sur l'action du bromure ou du chlorobromure d'éthylène sur l'isopropylphénylcétone sodée au sein de la benzine bouillante.

Toutes les tentatives faites pour provoquer une réaction n'ont pas réussi, même en opérant avec le xylène. Après lavage à l'eau et distillation, nous avons toujours retrouvé notre isopropylphénylcétone intacte.

Action du bromure de triméthylène sur l'isopropylphénylcétone sodée.

A une molécule d'isopropylphénylcétone, dissoute dans du benzène sec, on ajoute une molécule d'amidure de sodium finement pulvérisé et l'on chauffe au bain-marie. Le dégagement d'ammoniaque se fait régulièrement en même temps que l'amidure disparaît peu à peu.

Quand on ne perçoit plus d'ammoniaque, on ajoute au mélange une demi-molécule de bromure de triméthylène. Le dépôt de bromure de sodium se produit aussitôt.

Après l'avoir chauffé pendant 8 heures environ, on verse le mélange dans de l'eau et on décante la solution benzénique. La solution aqueuse, encore légèrement alcaline, ne précipite pas quand on l'acidule et ne renferme, par suite, pas d'acide organique.

La portion benzénique est lavée à plusieurs reprises avec de l'eau acidulée, puis avec de l'eau et est finalement séchée sur du carbonate de soude calciné.

Après élimination de la benzine, on distille le liquide dans le vide. Entre 100° et 120°, sous 12^{mm}, il passe un peu d'isopropylphénylcétone non entrée en réaction, puis le thermomètre monte lentement à 250°, température à laquelle distille la majeure partie du produit. Il ne reste pas, ou presque pas, de résidu au fond du ballon.

En refractionnant les portions intermédiaires 120°-250°, on arrive à isoler une petite quantité d'un liquide qui passe à 171°-173° sous 13^{mm} et qui contient du brome.

Ce produit est très vraisemblablement le dérivé bromé

$$C^6H^5.CO.C\langle{}^{CH^3}_{CH^3} - CH^2.CH^2.CH^2Br.$$

Une nouvelle rectification sous 22^{mm} a déterminé sa décomposition, de sorte que nous n'avons pu l'analyser.

La portion passant de 250° à 255°, sous 15mm, ne tarde pas à se prendre en une masse butyreuse. En l'essorant et la soumettant à une série de cristallisations dans l'éther de pétrole, on arrive finalement à l'obtenir sous la forme de fines aiguilles, légères et soyeuses, dont le point de fusion est situé à 48°-49°.

L'analyse du produit conduit à la formule $C^{23}H^{28}O^2$, qui est celle du 2.6-*dibenzoyl*-2.6-*diméthylheptane*

$$C^6H^5.CO.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix} - CH^2.CH^2.CH^2.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix} - COC^6H^5.$$

Le corps est très soluble dans l'éther et le benzène, moins soluble dans l'alcool et l'éther de pétrole.

Les rendements sont de 60 pour 100 de la théorie.

La *dioxime* $C^6H^5 - \underset{\underset{NOH}{\parallel}}{C} - C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}(CH^2)^3.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix} - \underset{\underset{NOH}{\parallel}}{C} - C^6H^5$ a été obtenue en chauffant une solution alcoolique bouillante de la dicétone avec du chlorozincate d'hydroxylamine. Elle se présente sous la forme de houppes cristallines, très peu solubles dans l'éther et l'éther de pétrole, solubles dans l'alcool chaud et fondant à 223°-224°.

Dédoublement du diméthyldibenzoylheptane au moyen de l'amidure de sodium. Amide et acide $\alpha\alpha_1$*-tétraméthylpiméliques.* — Ce dédoublement ne se produit pas au sein du benzène, il faut opérer en milieu toluénique.

A cet effet, on chauffe à l'ébullition 1mol de dicétone dissoute dans du toluène sec, avec 3mol d'amidure finement pulvérisé, en ayant soin d'agiter de temps à autre le mélange. La solution brunit peu à peu et, au bout de 4 à 5 heures, il se forme, au fond du ballon, une masse cristalline d'un rouge brun qu'on décompose par l'addition, goutte à goutte, d'eau tout en secouant le mélange. On remarque un faible dégagement d'ammoniaque, puis il se forme progressivement un précipité blanc dont le volume augmente par chaque introduction d'eau, jusqu'à ce que le tout se soit pris en masse. L'addition d'une plus grande quantité d'eau détermine d'abord la séparation du carbure, tandis que le précipité nage entre les deux couches de liquide pour disparaître peu à peu par dissolution dans le liquide aqueux.

Afin d'éviter cette dissolution, on jette la masse sur une toile et l'on sépare par décantation carbure et liquide aqueux.

La distillation du toluène ne laisse que quelques gouttes d'un liquide qui passe de 230° à 250° sous 15mm contenant un mélange de cétone primitive et du produit fondant vers 190°.

Quant au liquide aqueux, on l'évapore, et le résidu ajouté au précipité recueilli sur toile est mis à cristalliser dans l'alcool bouillant.

Ce corps n'est autre chose que la diamide de l'acide $\alpha\alpha_1$-tétraméthylpimélique formé en vertu de la réaction suivante :

$$C^6H^5.CO.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}-CH^2.CH^2.CH^2.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}-CO.C^6H^5 2[NH^2Na] \rightarrow$$

$$2(C^6H^6)+H^2NCO.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}-CH^2CH^2CH^2.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}-CONH^2.$$

La *diamide $\alpha\alpha_1$-tétraméthylpimélique* se présente sous la forme de petits mamelons ou de petites aiguilles blanches fondant à 191°-192°. Elle est insoluble dans l'éther et l'éther de pétrole, peu soluble dans la benzine et l'alcool froids, mais soluble à chaud dans l'alcool et dans l'eau.

Les eaux mères alcalines renferment généralement un acide qu'on peut précipiter par l'acide sulfurique et qui, purifié par cristallisation, fond à 168°-169°. Ce corps est identique à celui qu'on obtient par saponification de la diamide et n'est autre chose que *l'acide $\alpha\alpha_1$-tétraméthylpimélique*

$$CO^2H.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^2.CH^2\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}\ CH^2.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CO^2H.\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}$$

La saponification directe de la diamide par la potasse alcoolique est très laborieuse et nécessite plusieurs jours. On arrive par contre à un résultat rapide en employant la méthode de Bouveault qui déjà, avec les amides des acides trialcoylacétiques, nous a donné de bons résultats.

On dissout l'amide pimélique à saponifier dans environ 50 fois son poids d'acide sulfurique concentré, puis on ajoute lentement, à l'aide d'un entonnoir à robinet, une solution saturée d'azotite de soude en léger excès. Pendant cette addition le tout doit être maintenu dans la glace de façon à ce qu'il ne se dégage pas de vapeurs nitreuses.

On porte ensuite le liquide à 50° au bain-marie et on y ajoute progressivement de l'eau. On observe bientôt un dégagement d'azote en même temps qu'il se forme un précipité au sein de la solution. On étend finalement d'eau, on essore et l'on fait cristalliser l'acide au sein de l'éther.

On obtient ainsi de beaux cristaux durs et brillants qui fondent à 168°-169° et qui sont constitués par de l'acide $\alpha\alpha'$-tétraméthylpimélique.

Action du chlorobromure de triméthylène sur l'isopropylphénylcétone sodée.

2.2-*benzoylméthyl-5-chloropentane* $C^6H^5.CO.C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ -CH^2 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} - CH^2.CH^2Cl$. — La réaction a été faite au sein du toluène en opérant avec molécules égales de cétone sodée et de chlorobromure, dans les mêmes conditions qu'avec le dibromure de triméthylène.

Après addition du chlorobromure, le dépôt de bromure de sodium se forme très rapidement. On chauffe encore 5 heures, puis on décompose par l'eau, on décante, on lave la liqueur toluénique avec de l'eau acidulée, on sèche et l'on distille le toluène. Le résidu, fractionné dans le vide, donne d'abord un peu d'isopropylphénylcétone, puis une portion qui distille de 160° à 166° sous 11^{mm}, et enfin un produit passant vers 250° et qui a été reconnu comme du dibenzoyldiméthylheptane identique avec celui obtenu avec le bibromure de triméthylène.

La portion passant de 160° à 166°, soumise à une seconde rectification, fournit un liquide mobile distillant à 165° sous 11^{mm} et ayant la composition du 2.2-benzoylméthyl-5-chloropentane.

Par condensation ultérieure de ce chlorure avec une autre acétophénone bisubstituée, nous espérons arriver à d'autres acides tétraalcoylpiméliques mixtes, de façon à rendre la méthode tout à fait générale.

En résumé, quand on fait agir du bibromure de triméthylène sur de l'isopropylphénylcétone sodée au sein du toluène, on obtient le 2.6-*dibenzoyl*-2.6-*diméthylheptane* que l'amidure de sodium dédouble en benzine et en diamide de l'acide *αα'-tétraméthylpimélique*.

Cet amide fournit par saponification de *l'acide αα'-tétraméthylpimélique*. Si, au lieu de dibromure de triméthylène, on fait agir sur l'isopropylphénylcétone sodée du chlorobromure de triméthylène, on réussit à isoler un dérivé chloré le 2.2-benzoylméthyl-5-pentane.

Ni le bromure, ni le chlorobromure d'éthylène ne réagissent avec l'isopropylphénylcétone sodée.

GÉOLOGIE. — *Sur le caractère* exotique *du complexe de gneiss et de granite que l'on a appelé le* massif cristallin ligure, *et sur la séparation de l'Apennin et des Alpes.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Jean Boussac**.

Il y a, dans la région de Savone, trois éléments tectoniques en présence, profondément distincts : l'Apennin ; le complexe de gneiss, granite et amphibolites que M. Franchi a nommé le *massif cristallin ligure ;* les Alpes, enfin, débutant par un pays de Permo-Houiller métamorphique.

Quand on va de l'est à l'ouest, de Varazze à Pallare, on voit le massif cristallin ligure sortir de dessous l'Apennin, puis le pays alpin sortir de dessous le massif cristallin ligure. Ce dernier complexe est donc intercalé entre pays alpin et pays apennin, et séparé de ces deux pays par deux surfaces ondulées, souvent horizontales, parfois localement redressées, plongeant en moyenne vers l'est ou le nord-est avec une faible pente.

L'Apennin, près de Savone, est surtout constitué par la série des Schistes lustrés et des roches vertes, prolongement latéral de la série sédimentaire ophiolitique des environs de Gênes ([1]). Mais, sous cette série cristallophyllienne compréhensive des Schistes lustrés et des roches vertes, on trouve, concordants avec elle, du Trias et du Permien ([2]) : Trias à l'état de quartzites, de marbres phylliteux, de calcaire à *Gyroporelles*, de gypse ou de cargneules ; Permien à l'état de phyllades satinés, versicolores, passant à des micaschistes et ayant le faciès du Permien semi-métamorphique des Alpes occidentales. Le Permien et le Trias sont violemment étirés, réduits à l'état de lentilles et souvent supprimés. Dans ce dernier cas, les Schistes lustrés viennent au contact du massif cristallin ligure.

Les Alpes, sous le massif cristallin ligure, débutent, avons-nous dit, par un pays de Permo-Houiller métamorphique. Ce Permo-Houiller est, comme on sait, une véritable série cristallophyllienne, où alternent les phyllades grisâtres ou noirâtres, les micaschistes, les chloritoschistes, les schistes à noyaux feldspathiques, les gneiss plus ou moins chargés de feldspath, les quartzites à lits chloriteux, enfin, des roches schisteuses d'un vert sombre, à chlorite, épidote et zoïsite, qui sont des amphibolites ou des pyroxénites altérées. Tout cela ressemble au Permo-Houiller métamorphique de la Vanoise, du Mont-Pourri, du Val-Grisanche. Quelques intercalations gneissiques ont le faciès des gneiss du Piémont (Levanna ou Grand-Paradis) ([3]). L'âge carbonifère d'une partie de ce puissant système a été depuis longtemps établi par la découverte, sur plusieurs points, d'empreintes végétales dans les schistes charbonneux ; l'âge permien de la partie haute résulte d'un ensemble de faits, et surtout du passage latéral, soit en

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1361.

([2]) G. Rovereto, *La zona di ricoprimento del Savonese e la questione dei calcescisti* (*Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. XXVIII, 1909, p. 389-418).

([3]) Par exemple, entre Quiliano et Roviasca, au sud de la Costa di Casa. C'est à des gneiss analogues, plus ou moins déformés par écrasement ou laminage, que les géologues italiens ont souvent donné les noms, bien inutiles aujourd'hui, d'apenninites ou de besimaudites.

France, soit en Italie, à du Permien non douteux ([1]). Aux environs de Savone, le Permo-Houiller a une allure régulière. Il plonge sous le massif cristallin ligure, et ses assises, bien stratifiées, sont, près de la surface de contact, parallèles, au moins grossièrement, à cette surface, et, comme celle-ci, ondulées, et, le plus souvent, presque horizontales. Entre Lavagnola et Santuario, dans la vallée du Letimbro, une déchirure du massif cristallin ligure laisse affleurer, sous les gneiss, les amphibolites et le granite de ce massif, les assises permo-houillères qui leur servent de substratum. C'est ce que M. Rovereto ([2]) a appelé la *fenêtre* de Santuario. Grâce à cette fenêtre, le *recouvrement* du Permo-Houiller par le massif cristallin ligure est un fait incontestable. Il est également incontestable que le Permo-Houiller en question appartient tectoniquement aux Alpes. Dès que, marchant vers le sud ou le sud-ouest, on a dépassé Vado, on voit apparaître, sur les assises permo-houillères, des lambeaux plus ou moins étendus de Trias à faciès briançonnais. L'ensemble des strates concordantes, carbonifères, permiennes et triasiques, est plissé à la façon des Alpes, en plis couchés vers le sud ou le sud-ouest; et bientôt, et sans avoir traversé aucune ligne de discontinuité tectonique, on se trouve dans le pays de nappes de Castelvecchio et d'Albenga ([3]).

Quant au massif cristallin ligure, nous l'avons caractérisé, dans une Note précédente ([4]), en disant qu'il est formé surtout de mylonites. C'est un paquet cristallin broyé, ou tout au moins concassé, dont le broyage s'accentue près des bords, près du contact avec le Permo-Houiller du substratum, ou avec le Permien, le Trias ou les Schistes lustrés de la couverture supérieure, jusqu'à donner des roches méconnaissables et innommables. C'est l'existence, près des contacts, de ces produits d'écrasement complet, d'aspect singulier, qui a pu faire croire à des *phénomènes de contact* liés à la venue d'un magma granitique. Il s'agit là de phénomènes purement mécaniques. *L'intrusion* du massif cristallin ligure, entre le pays apennin qui le recouvre et le pays alpin qui lui sert de substratum, est une *intrusion méca-*

([1]) D. Zaccagna, *Sulla geologia delle Alpi occidentali* (*Bollett. del R. Comit. geol. d'Italia*, anno 1887, 11 et 12). — P. Termier, *Étude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise* (*Bull. des Serv. de la Carte géol. de la France*, t. II, 1890-91).

([2]) G. Rovereto, *loc. cit.*

([3]) J. Boussac, *Les grands phénomènes de recouvrement dans les Alpes maritimes italiennes et la « fenêtre » de Castelvecchio* (*Comptes rendus*, t. 151, p. 1163).

([4]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1550.

nique violente. Le paquet granito-gneissique du Savonese est un paquet *exotique*, venu d'ailleurs, et violemment chassé, ou *forcé*, à la façon d'un coin, entre l'Apennin et les Alpes.

Insistons encore sur ce caractère exotique du massif cristallin ligure. Il saute aux yeux, quand on étudie attentivement les deux surfaces de contact, au-dessus et au-dessous du massif.

Au-dessus — contact apennin —, la surface de contact, parfaitement nette, met en présence des terrains fort différents, et *également broyés;* par exemple, des mylonites granitiques et du Permien concassé, ou des amphibolites concassées et du Trias pulvérisé, ou du granite totalement écrasé et des serpentines laminées. De plus, le long de ce contact, les terrains supérieurs, non seulement se concassent ou se laminent, mais s'étirent ou se suppriment. A Corona, entre le granite laminé et les roches vertes, il y a deux ou trois mètres d'épaisseur de phyllades permiens, 1^m ou $1^m,50$ de quartzites triasiques broyés, et 30^m ou 40^m de calcaires triasiques. Un peu plus à l'est, vers Stella, Permien et Trias ont disparu, et, jusqu'à Celle-Ligure, par Vetriera, Cameragna et Sanda, les mylonites granitiques ou gneissiques viennent au contact des roches vertes, ou des schistes lustrés, ou de brèches de friction à débris variés. A l'ouest de Corona, au contraire, le Permien et le Trias se renflent beaucoup, vers Pietra Voiara [1]; et, dans les terrains ainsi renflés, les phénomènes d'écrasement s'atténuent et se raréfient. Vers le Monte San Giorgio, le Trias, de nouveau, se lamine; ses divers termes, quartzites, marbres phylliteux, calcaires francs, reprennent l'allure lenticulaire. Plus au sud, le Permien diminue d'épaisseur à son tour. Dans le long lambeau de couverture apennine qui se prolonge, par San Bartolomeo et l'Ormè, jusqu'à la maison Cà di Barbe, il n'y a souvent que quelques mètres de phyllades permiens, ou de marbres triasiques, entre les mylonites granitiques et les schistes lustrés ou les roches vertes. Les terrains apennins, concordants entre eux, ont glissé les uns sur les autres; mais le glissement maximum s'est produit au contact du massif granito-gneissique.

Au-dessous du paquet granito-gneissique — contact alpin —, la surface de contact est également très nette. Le tracé qu'en a donné, dans sa Note de 1909, M. Rovereto, est, presque partout, exactement conforme à celui que nous avons relevé nous-mêmes. Cette surface met en présence : d'une part, des mylonites granitiques, ou des gneiss concassés, ou des brèches d'amphibolites; d'autre part, des phyllades permo-houillers bien stratifiés, et dont les strates, glissant aisément les unes sur les autres, ont résisté au broyage. L'aspect des terrains ainsi mis en présence est, en général, fort différent : le complexe mylonitique a une apparence massive et homogène qui contraste avec l'allure nettement litée et nettement sédimentaire du substratum permo-houiller. Il n'y a un peu d'incertitude sur l'affleurement de la surface de contact que lorsque des mylonites très laminées reposent sur des termes gneissiques du Permo-Houiller, eux-mêmes plus ou moins broyés et laminés. Dans la masse même du Permo-Houiller passent des surfaces de glissement, grossièrement parallèles à la surface de contact; et, lorsque des gneiss un peu moins lités s'intercalent parmi les phyllades permo-

[1] G. Rovereto, *loc. cit.*

houillers, comme dans les environs, déjà cités, de Roviasca, à l'ouest de Quiliano, ces gneiss manifestent un écrasement plus ou moins sensible, d'autant plus sensible qu'ils sont plus feldspathiques et plus homogènes. Même dans les cas, assez rares, où des *gneiss permiens* viennent au contact des gneiss du paquet exotique, la distinction des uns et des autres est facile : les gneiss permiens ont l'allure régulière du Permo-Houiller et sont horizontaux ou faiblement inclinés; les gneiss exotiques ont une allure chaotique et sont, le plus souvent, contournés et fortement redressés.

Il est certain que le massif cristallin ligure est un paquet exotique, violemment introduit entre l'Apennin et les Alpes. Des deux côtés de ce paquet, le Permien n'a pas absolument les mêmes caractères. Au-dessus du paquet, le Permien est à l'état de phyllades semi-métamorphiques ([1]); au-dessous, il est à l'état de série cristallophyllienne. Ce n'est qu'une différence de plus au moins, mais qui n'est pas douteuse, et qui constitue un nouvel argument en faveur du déplacement relatif des trois éléments tectoniques du Savonese.

Le massif cristallin ligure n'a qu'une très faible épaisseur dans la région de Savone; et cette région est la seule où nous le connaissions, puisqu'il est caché, en dehors d'elle, au sud par la mer, à l'est par l'Apennin, au nord par les terrains tertiaires. Dans la vallée du Letimbro, le paquet mylonitique a 200^{m} de puissance environ, entre Cimavalle et la Casa di Prato Grande; mais l'épaisseur est encore moindre entre les torrents Gea et Loriano. Peut-être s'abaisse-t-elle à 100^{m} sous Cà di Barbe. Le massif cristallin ligure n'est plus ici qu'une *lame* de mylonites, un coin très mince qui s'insinue entre l'Apennin et les Alpes. Plus à l'est, vers Ellera, l'épaisseur augmente beaucoup; il est visible que le coin s'élargit rapidement vers l'est. Au sud, entre Cadibona et Quiliano, la lame se renfle aussi jusqu'à plusieurs centaines de mètres. Entre Altare et Cairo Montenotte, les dépôts oligocènes empêchent de mesurer exactement la puissance du paquet mylonitique; mais il semble qu'il soit très mince.

La séparation de l'Apennin et des Alpes est donc une séparation tectonique, produite par l'introduction violente, entre le pays apennin et le pays alpin, dans la région de Savone, d'un complexe exotique de gneiss, de granite et d'amphibolites. Le Savonese est bien, comme l'a dit, le premier, M. Rovereto ([2]), un pays de charriage, une *zona di ricoprimento:* mais

([1]) Les *scisti rasati* de M. Rovereto, rapportés par cet auteur au Trias supérieur, sont, pour la plupart, des phyllades permiens. C'est un faciès très fréquent dans le Permien semi-métamorphique des Alpes occidentales.

([2]) G. Rovereto, *loc. cit.*

aucune des hypothèses proposées par notre confrère italien n'est adéquate aux phénomènes. Il n'y a pas d'enracinement local; il y a deux surfaces de charriage et non pas une seule : et le massif mylonitique est tout aussi indépendant de sa couverture apennine que de son substratum alpin.

L'un de nous ([1]), dans une récente Conférence à Fribourg, parlant des problèmes tectoniques de la Méditerranée occidentale, s'exprimait ainsi à propos de la Ligurie : « C'est en Ligurie que passe la zone de partage des déplacements horizontaux. A l'ouest de cette province, les Schistes lustrés sont charriés sur la zone du Briançonnais; à l'est, ils sont charriés sur le pays dinarique : à l'ouest, c'est le régime alpin; à l'est, le régime apennin. Si, comme je le pense, l'avancée des Dinarides sur les Alpes a déterminé la formation et le charriage des nappes alpines, les nappes apennines résultent, au contraire, d'un charriage superficiel inverse, d'une sorte de rejaillissement du pays alpin sur le pays dinarique... Au nord de la Ligurie, les Dinarides auraient recouvert les Alpes; au sud de la Ligurie, elles auraient cheminé souterrainement, s'avançant *sous* la zone des Schistes lustrés et *sous* le massif corso-sarde... La Ligurie nous apparaît ainsi comme une région très singulière. C'est là que les Alpes et l'Apennin se séparent; c'est là que le déplacement relatif du pays alpin et du pays dinarique a été nul; c'est là que doivent affleurer les deux surfaces de charriage, celle qui est au-dessus du paquet de terrains dinariques enfoncé souterrainement à la façon d'un coin, et celle qui est au-dessous du paquet de terrains dinariques transporté superficiellement à la façon d'un traîneau écraseur; et c'est là, enfin, que les affleurements de ces deux surfaces doivent se réunir. »

La vision était exacte, et ces lignes, écrites avant notre voyage, peuvent lui servir de conclusions. Le massif cristallin ligure nous apparaît clairement aujourd'hui comme un morceau du pays dinarique, *forcé* entre Apennin et Alpes, séparé de l'Apennin et des Alpes par les deux surfaces de charriage prédites, et appartenant tout à la fois au traîneau écraseur qui a marché *sur* les Alpes et au coin qui a glissé *sous* l'Apennin. Les rapports de l'Apennin et des Alpes, de l'île d'Elbe et de la Corse, deviennent évidents : et c'est toute une énigme qui se résout, de la façon même que nous pensions, dans la tectonique méditerranéenne.

Ces phénomènes grandioses sont assez exactement datés. Ils sont antérieurs à l'Oligocène de Varazze, de Cadibona, de Santa Giustina, trans-

---

([1]) P. Termier, *Les problèmes de la géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale* (*Revue génér. des Sciences pures et appl.*, numéro du 30 mars 1911).

gressif sur les trois éléments tectoniques en présence, dénivelé mais non plissé, et dont les poudingues contiennent souvent des galets de mylonites.

M. **Ch. Lallemand**, en présentant à l'Académie la collection des Rapports qu'il a rédigés, pour l'Association géodésique internationale, sur l'état d'avancement des *Nivellements de précision dans le monde entier*, fait ressortir la remarquable émulation déployée par les diverses nations dans cette branche de la Géodésie, créée, il y a un demi-siècle, par l'initiative éclairée d'un ingénieur français, Bourdaloue.

Au 1er janvier 1909, le réseau de ces nivellements atteignait un développement total de 296000^{km}, c'est-à-dire que, mises bout à bout, les lignes nivelées feraient 7 fois et demi le tour de la Terre.

A la même date, en France, la longueur totale des itinéraires nivelés du réseau fondamental et des réseaux secondaires s'élevait à 98000^{km}.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Sire*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 38,

MM. Zaboudski obtient.............	37 suffrages
Stodola »	1 suffrage

M. **Zaboudski**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *J. Kühn*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 39,

MM. E. Perroncito obtient	38 suffrages
Birkeland »	1 suffrage
Paul Wagner »	1 »
Bulletin nul.................	1 »

M. **E. Perroncito**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Godlevski**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Silva of California, by* Willis Linn Jepson.

2° *Les Kolatiers et les noix de Kola*, par Aug. Chevalier et Em. Perrot. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

3° Le fascicule VI, Tome I de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *Notulæ systematicæ*, publiées par Henri Lecomte; Tome premier. (Présenté par M. L. Mangin.)

5° *De l'extinction des espèces par la dégénérescence ou maladie des rameaux phylétiques*, par M. René Larger. (Présenté par M. H. Douvillé.)

6° *Étude théorique et pratique sur les turbines à vapeur marines*, par R. Lelong. (Présenté par M. L.-E. Bertin.)

ASTRONOMIE. — *Sur la forme de la courbe de lumière de l'étoile variable δ Céphée obtenue d'après les observations d'Argelander.* Note (¹) de M. **Luizet**.

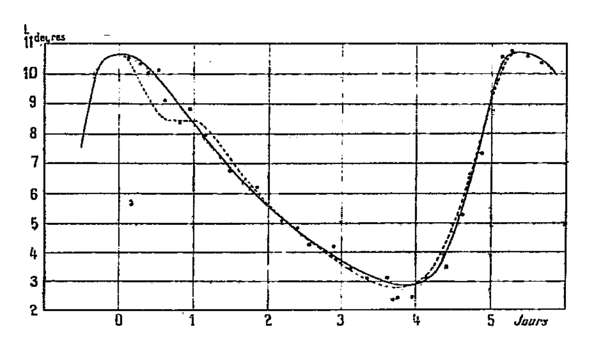
La première courbe de lumière représentant les changements d'éclat de l'étoile variable δ Céphée a été publiée par Argelander en 1842 (*Astronomische Nachrichten*, n° 455, Vol. XIX). Il l'avait obtenue en groupant ses premières évaluations d'éclat, faites en 1840 et 1841 (*Astronomische Beobachtungen zu Bonn*, Vol. VII, p. 451), dans une même période dont la valeur, $5^j 8^h 47^m 39^s,5$, était déduite de la comparaison de ses propres observations à celles faites en 1784 et 1785 par Goodricke et Pigott.

D'après cette courbe, l'éclat de δ Céphée augmente pendant $1^j 15^h$ et diminue pendant $3^j 18^h$ environ; mais tandis que l'accroissement de lumière

(¹) Présentée dans la séance du 6 juin 1911.

s'y fait très régulièrement, on y constate au contraire *un arrêt dans la diminution* entre $0^j,7$ et $1^j,0$ après le maximum d'éclat. Étant donnée la grande notoriété d'Argelander, cet arrêt a été considéré depuis comme un des *caractères* de la variation lumineuse de δ Céphée. Or, ainsi que je le vais montrer, il n'existe pas, *même dans les observations d'Argelander*.

Ayant eu tout récemment à m'occuper de la forme des courbes de lumière obtenues par les nombreux observateurs de cette intéressante étoile variable, j'ai constaté que l'irrégularité signalée par Argelander n'apparaissait, ni dans les courbes obtenues depuis une trentaine d'années, ni dans celle que j'ai tirée des anciennes observations de Goodricke et



Pigott; n'aurait-elle donc existé que momentanément à l'époque où Argelander observait? Afin d'éclaircir ce point j'ai entrepris la réduction de la totalité de ses nombreuses observations (1500 environ); et, pour leur discussion, les ai divisées en quatre séries dont chacune a fourni une courbe moyenne de lumière. Les quatre courbes que j'ai ainsi obtenues sont sensiblement superposables, mais j'ai été fort surpris de ne trouver dans aucune d'elles l'arrêt dans la diminution d'éclat qu'avait constaté Argelander. Il était dès lors évident que cet arrêt n'existait réellement pas et qu'un examen minutieux des observations de 1840 et 1841 qui avaient donné la courbe de lumière publiée en 1842, devait en montrer les causes.

J'ai en effet trouvé qu'un certain nombre de comparaisons, se rapportant à des points de la courbe de lumière situés entre $0^j,2$ et $1^j,0$ après le maximum, accusaient un éclat très faible si l'on adoptait, *sans discussion*, pour la variable, l'*éclat moyen* résultant des comparaisons faites au même moment par rapport aux diverses étoiles de l'échelle de lumière. Ainsi, le 13 avril 1841, Argelander a fait, dans l'intervalle de deux heures, trois observations qui se rapportent à des points de la courbe de lumière situés à $0^j,455$, $0^j,489$ et $0^j,539$ après le maximum. Les éclats qui doivent être

adoptés pour la variable, après une judicieuse critique des comparaisons, sont respectivement : $9^{\text{deg}},4$, $10^{\text{deg}},4$ et $10^{\text{deg}},4$, tandis que la *moyenne des évaluations* donne $7^{\text{deg}},7$ pour la première et la troisième; et ce sont ces dernières valeurs qu'Argelander a acceptées. Je pourrais citer d'autres exemples analogues, occasionnant toutefois des différences moins grandes, mais toujours dans le même sens; si bien que les observations n'étant pas très nombreuses dans les deux années considérées, les quelques évaluations donnant un éclat très faible déterminent une diminution trop rapide de lumière et, par suite, un arrêt ultérieur de la courbe, lorsque les éclats deviennent exacts.

Telle est la seule cause de la forme de la courbe d'Argelander.

La figure ci-contre montre, en trait ponctué, la courbe qu'il a publiée d'après ses premières années d'observations, et en trait plein, celle que j'en ai tirée.

Il est bon de rappeler que les observations d'Argelander faites en 1840 et 1841 constituent pour lui la période d'essai de la célèbre méthode d'observation des étoiles variables qu'il venait d'imaginer; il n'est donc pas surprenant d'y rencontrer quelques incorrections, mais, par la suite, ses évaluations d'éclat sont remarquablement concordantes; et, dans la discussion que j'ai faite de l'ensemble de ses observations, je n'ai pas eu à en rejeter une seule depuis 1842.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode de sommation équivalente à la méthode des moyennes arithmétiques.* Note de M. **Marcel Riesz**, présentée par M. Émile Picard.

L'équivalence des méthodes de sommation de Hölder et de Cesàro a été établie par MM. Knopp et Schnee. Dans cette Note, je me propose d'introduire une nouvelle méthode, équivalente à celles-ci et utilisable pour l'étude des séries de la forme

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n n^{-s}.$$

Considérons la série

$$(1) \qquad a_0 + a_1 + \ldots + a_n + \ldots,$$

et un nombre $k \geqq 0$ qui sera l'ordre de la sommation. Posons avec

Cesàro

(2) $$(1-x)^{-(k+1)} = \sum_{n=0}^{\infty} C_n^{(k)} x^n,$$

(3) $$(1-x)^{-(k+1)} \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = \sum_{n=0}^{\infty} S_n^{(k)} x^n.$$

Si la limite

(4) $$\lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(k)}}{C_n^{(k)}} = S$$

existe, nous disons que la série (1) est sommable par les moyennes de Cesàro d'ordre k et nous appelons S sa somme.

Posons d'autre part, ω désignant un nombre positif quelconque,

(5) $$\sigma_k(\omega) = \sum_{r=0}^{<\omega} a_r (\omega - r)^k.$$

Nous allons indiquer la démonstration du théorème suivant :

La limite (4) *et la limite*

(6) $$\lim_{\omega=\infty} \frac{\sigma_k(\omega)}{\omega^k}$$

existent en même temps et sont égales (¹).

La démonstration de notre théorème se compose de la démonstration des trois lemmes suivants :

I. *Lorsque la limite* (4) *existe, on a*

(7) $$\lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(l)}}{n^k} = 0,$$

l désignant un nombre quelconque $< k$.

(¹) Ce théorème a servi de base à la plupart de mes recherches sur l'application des moyennes arithmétiques. Dans une Note insérée dans ces *Comptes rendus* (5 juillet 1909), j'ai pensé pouvoir l'énoncer sous une forme plus simple, en ne faisant prendre à ω que des valeurs entières. Je me suis bientôt aperçu que cet énoncé était inexact. Je tiens à remercier M. Knopp qui me communiqua récemment des remarques intéressantes sur ce point. Les moyennes (6) forment d'ailleurs un cas particulier des expressions que j'ai appelées *moyennes typiques* et dont la forme définitive se trouve dans ma Note du 22 novembre 1909.

II. *Lorsque la limite* (6) *existe, on a pour tout nombre entier* $E < k$

$$\lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(E)}}{n^k} = 0. \tag{8}$$

III. *L'égalité* (8) *étant remplie pour tout nombre entier* $E < k$, *on aura*

$$\lim_{n=\infty} \left(\frac{\sigma_k(\omega)}{\omega^k} - \frac{S_n^{(k)}}{C_n^{(k)}} \right) = 0 \qquad (n \leqq \omega \leqq n+1). \tag{9}$$

La démonstration des lemmes I et III ne présentant aucune difficulté, je me borne à indiquer la démonstration du lemme II. Celle-ci devient aussi très simple, quand k est entier. En effet, la $k^{\text{ième}}$ différence des quantités $\sigma_k(n)$, $\sigma_k\left(n+\frac{1}{k}\right)$, $\sigma_k\left(n+\frac{2}{k}\right)$, ..., $\sigma_k(n+1)$ fournit $S_n^{(0)}$ à un facteur constant près, donc la relation (8) est vérifiée pour $E = 0$. En formant ensuite les différences d'ordre $(k-1)$, $(k-2)$, ..., 1, on démontre la même relation pour $E = 1, 2, \ldots, (k-1)$.

Soit maintenant k non entier et, pour simplifier le raisonnement, supposons d'abord

$$0 < k < 1. \tag{10}$$

Nous n'avons donc qu'à démontrer l'égalité

$$\lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(0)}}{C_n^{(k)}} = \lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(0)}}{n^k} = 0. \tag{11}$$

Nous pouvons supposer, sans restreindre la généralité,

$$\lim_{\omega=\infty} \frac{\sigma_k(\omega)}{\omega^k} = 0. \tag{12}$$

Posons

$$S(t) = S_r^{(0)}, \qquad \text{pour} \qquad r < t \leqq r+1$$

et

$$\sigma'_k(u) = k[a_0(u-0)^{k-1} + a_1(u-1)^{k-1} + \ldots + a_r(u-r)^{k-1}], \quad \text{pour} \quad r < u \leqq r+1,$$

ce qui nous donne

$$S(t) = \mathcal{G} \int_0^t \sigma'_k(u)(t-u)^{-k}\, du, \tag{13}$$

$\mathcal{G}$ désignant une constante facile à calculer. On a d'autre part

$$\sigma_k(n) = \sum_{r=0}^{n-1} a_r(n-r)^k = S_{n-1}^{(0)} + \sum_{r=0}^{n-2} S_r^{(0)}[(n-r)^k - (n-r-1)^k]$$
$$= S_{n-1}^{(0)} + k\int_0^{n-1} S(t)(n-t)^{k-1}\,dt$$
$$= S_{n-1}^{(0)} + k\mathcal{G}\int_0^{n-1}(n-t)^{k-1}\,dt\int_0^t \sigma'_k(u)(t-u)^{-k}\,du$$
$$= S_{n-1}^{(0)} + k\mathcal{G}\int_0^{n-1}\sigma'_k(u)\,du\int_u^{n-1}(n-t)^{k-1}(t-u)^{-k}\,dt$$
$$= S_{n-1}^{(0)} + k\mathcal{G}\int_0^{n-1}\sigma'_k(u)\,\mathrm{M}(u)\,du,$$

où l'on a posé

$$\mathrm{M}(u) = \int_u^{n-1}(n-t)^{k-1}(t-u)^{-k}\,dt < \int_u^n (n-t)^{k-1}(t-u)^{-k}\,dt = \mathrm{M},$$

M désignant un nombre indépendant de u et de n. De plus, $\mathrm{M}(u)$ étant décroissant entre o et $n-1$, on a, en appliquant le second théorème de la moyenne,

$$|\sigma_k(n) - S_{n-1}^{(0)}| = |k\mathcal{G}\,\mathrm{M}(0)\sigma_k(\tau)| < |k\mathcal{G}\mathrm{M}\sigma_k(\tau)|,$$
$$0 < \tau < n-1,$$

ce qui, en vertu de la relation (12), entraîne l'égalité (11).

Désignons dans le cas général par K le plus grand nombre entier, contenu dans k et par $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{K+1}$ $(K+1)$ nombres distincts, compris entre n et $(n+1)$ tels que les différences $(\omega_1 - n), \ldots, (\omega_{K+1} - n)$ restent constantes, quand n tend vers l'infini. L'un de ces nombres étant ω, on a, en intégrant par partie,

$$\sigma_k(\omega) = \frac{1}{k(k-1)\ldots(k-K)}\int_0^\omega \sigma_K(t)(\omega-t)^{k-K-1}\,dt$$
$$= \frac{1}{k(k-1)\ldots(k-K)}\left(\int_0^n + \int_n^\omega\right).$$

On voit comme ci-dessus que la première intégrale, divisée par n^k, tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$. En refaisant dans la seconde intégrale les intégrations par partie, on obtient $(K+1)$ expressions linéaires et indépendantes de $\sigma_0(n), \ldots, \sigma_K(n)$ qui, divisées par n^k, tendent vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Donc, c'est aussi le cas pour les quantités $\sigma_0(n), \ldots, \sigma_K(n)$, et par conséquent aussi pour les quantités $S_n^{(0)}, \ldots, S_n^{(K)}$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur l'incurvation et la flexion dans les déformations finies*. Note de M. J. **Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une précédente Note sur les covariants fondamentaux (*Comptes rendus* du 10 avril 1911) j'ai défini les coefficients et les formes algébriques qui interviennent dans l'expression des propriétés du second ordre relatives aux déformations finies.

Nous retrouvons ces quantités dans l'étude de l'incurvation.

Incurvation des fibres. — Considérons en un point M du milieu déformé, une fibre élémentaire de longueurs ds, ayant pour cosinus directeurs α, β, γ; les mêmes lettres affectées de l'indice zéro, désigneront les quantités analogues relatives à l'état initial. En appelant e la dilatation linéaire de l'élément, nous avons :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} (1+e)\alpha &= \frac{\partial x}{\partial x_0}\alpha_0 + \frac{\partial x}{\partial y_0}\beta_0 + \frac{\partial x}{\partial z_0}\gamma_0,\\ (1+e)\beta &= \frac{\partial y}{\partial x_0}\alpha_0 + \frac{\partial y}{\partial y_0}\beta_0 + \frac{\partial y}{\partial z_0}\gamma_0,\\ (1+e)\gamma &= \frac{\partial z}{\partial x_0}\alpha_0 + \frac{\partial z}{\partial y_0}\beta_0 + \frac{\partial z}{\partial z_0}\gamma_0. \end{aligned}\right.$$

La différentiation des équations (1), en tenant compte des formules de Serret et Frenet, donne la courbure de la fibre déformée.

Soient :

ρ le rayon de courbure de la fibre déformée;

α'', β'', γ'' les cosinus directeurs de la binormale;

α''_1, β''_1, γ''_1 les cosinus directeurs de la perpendiculaire au plan transformé du plan osculateur initial par la déformation homogène (T) tangente en M;

E la dilatation superficielle en M d'un élément de surface (feuillet élémentaire) situé primitivement dans le plan osculateur initial de la fibre.

On trouve, après une transformation simple, et en conservant les nota-

tions de notre précédente Note :

$$
(2)\quad \left\{
\begin{aligned}
\frac{\alpha''}{\rho} &= \frac{(1+\mathrm{E})}{(1+e)^3}\,\frac{\alpha''_1}{\rho_0} + \frac{1}{3}\left(\beta\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\gamma} - \gamma\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\beta}\right) + \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}\tau'_\alpha - \alpha\tau\right) + \frac{4}{3}(\varphi_2\gamma - \varphi_3\beta).\\
\frac{\beta''}{\rho} &= \frac{(1+\mathrm{E})}{(1+e)^3}\,\frac{\beta''_1}{\rho_0} + \frac{1}{3}\left(\gamma\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\alpha} - \alpha\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\gamma}\right) + \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}\tau'_\beta - \beta\tau\right) + \frac{4}{3}(\varphi_3\alpha - \varphi_1\gamma),\\
\frac{\gamma''}{\rho} &= \frac{(1+\mathrm{E})}{(1+e)^3}\,\frac{\gamma''_1}{\rho_0} + \frac{1}{3}\left(\alpha\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\beta} - \beta\,\frac{\partial \mathrm{D}_2}{\partial\alpha}\right) + \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}\tau'_\gamma - \gamma\tau\right) + \frac{4}{3}(\varphi_1\beta - \varphi_2\alpha),
\end{aligned}
\right.
$$

$\mathrm{D}_2(\alpha, \beta, \gamma)$ désignant la dilatation seconde; $\tau(\alpha, \beta, \gamma)$ la torsion mécanique; φ_1, φ_2, φ_3 les composantes du vecteur Φ (rotation de la rotation). Les équations (2) mettent d'abord en évidence la décomposition de la courbure de la fibre déformée en deux autres : la première composante, égale à $\frac{1+\mathrm{E}}{(1+l)^3}\,\frac{1}{\rho_0}$ est la courbure de la transformée de la fibre initiale par la déformation homogène (T); la seconde composante ne dépend que de la direction de la tangente, et non de la courbure initiale. Nous lui donnons le nom de *flexion de la fibre* au point M. Si l'on néglige dans les équations (2) le premier terme du second membre, on obtient les projections, sur les axes de coordonnées, de la rotation figurative de la flexion.

De la forme de ces expressions on déduit immédiatement que la flexion totale d'une fibre élémentaire se décompose en trois flexions qui correspondent respectivement à nos trois covariants fondamentaux du second ordre : flexion de dilatation seconde, flexion de torsion, et flexion cyclique ou polaire; cette dernière composante correspond au vecteur Φ.

Cette nouvelle décomposition de l'incurvation des fibres est préférable à celle que nous avons précédemment indiquée à propos des déformations infinitésimales. Les trois composantes obtenues sont indépendantes l'une de l'autre au point de vue de la distribution autour du point M. Les propriétés géométriques que nous avons énoncées pour la flexion de torsion et la flexion polaire subsistent d'ailleurs intégralement.

Incurvation des feuillets ou éléments superficiels. — Soient :

S une surface quelconque passant en M dans le milieu déformé;
MT une tangente à S, ayant pour cosinus directeurs α, β, γ;
R le rayon de courbure en M de la section normale de S suivant la tangente MT;
R_0 le rayon de courbure normal correspondant du milieu initial;
e la dilatation linéaire suivant la tangente MT;

E la dilatation superficielle du feuillet élémentaire appliqué sur la surface S en M;

Θ la dilatation cubique du milieu en M;

l, m, n, les cosinus directeurs de la normale en M à la surface S.

On trouve

$$(3)\quad \frac{1}{R} = \frac{1+\Theta}{(1+E)(1+e)^2}\frac{1}{R_0} + \frac{1}{3}\left(l\frac{\partial D_2}{\partial\alpha} + m\frac{\partial D_2}{\partial\beta} + n\frac{\partial D_2}{\partial\gamma}\right) + \frac{4}{3}\begin{vmatrix} l & m & n \\ \alpha & \beta & \gamma \\ \frac{1}{2}\tau'_\alpha & \frac{1}{2}\tau'_\beta & \frac{1}{2}\tau'_\gamma \end{vmatrix} - \frac{4}{3}(l\varphi_1 + m\varphi_2 + n\varphi_3).$$

L'équation (3) donne, sous une forme simple, les expressions des différentes composantes de la courbure normale sur la surface déformée. Le premier terme représente encore la transformée de la courbure normale initiale par la déformation homogène (T); les termes suivants correspondent respectivement aux trois flexions.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un rayonnement ionisant extrêmement absorbable émis par le radium* C. Note de M. **Louis Wertenstein**, présentée par M. Lippmann.

Quelques expériences préliminaires [1] m'avaient déjà permis de constater l'existence d'un rayonnement ionisant relativement intense extrêmement absorbable, émis par le dépôt actif du radium (RaB et RaC). Étant donné que la projection radioactive (rayons α' suivant l'expression de M. Perrin) [2] est le seul parmi les rayonnements connus de substances radioactives qui possède un pouvoir pénétrant [3] analogue à celui du rayonnement en question, j'ai supposé que les rayons α' ionisaient l'air et que c'était en espèce la projection du RaD par le RaC qui constituait le rayonnement observé par moi.

Une telle hypothèse est susceptible d'être vérifiée dans ces conséquences. Elle exige, entre autres : 1° que l'intensité du rayonnement en question

(1) L. Wertenstein, *Comptes rendus*, 15 août 1910.

(2) J. Perrin, *Comptes rendus*, 1er mai 1911.

(3) L. Wertenstein, *Comptes rendus*, t. 150, 4 avril 1910, p. 869.

soit à chaque instant proportionnelle à la quantité du Ra C présente sur le disque actif; 2° que ce rayonnement soit peu déviable par le champ magnétique, car la déviabilité des rayons α' est analogue à celle des rayons α ([1]).

Pour vérifier ces conséquences, j'ai entrepris une étude du rayonnement x par la méthode de Bragg.

Un condensateur horizontal plan, de 2^{mm} de profondeur, formé d'un plateau de 55^{mm} de diamètre, relié à l'électromètre, et d'une toile métallique réunie à la pile, et le disque actif dont le rayons étaient canalisés approximativement suivant la verticale à l'aide d'un faisceau de tubes de laiton, étaient placés à l'intérieur d'une cloche, reposant sur une plaque rodée. Un robinet, mastiqué dans la plaque, permettait de faire le vide dans la cloche.

Grâce à un dispositif dont le détail sera décrit ailleurs, on pouvait, le vide étant fait dans la cloche, donner au disque actif des déplacements dans le sens vertical, mesurables avec précision, tout en conservant l'étanchéité absolue de l'appareil. La cloche était placée entre les pôles d'un électro-aimant qui permettait d'établir un champ normal aux rayons. Le courant était mesuré à l'aide du quartz piézo-électrique.

Avant chaque expérience on activait, au moyen du champ électrique, et par un séjour de quelques heures dans un vase contenant de l'émanation du radium, un disque de laiton de 20^{mm} de diamètre. Les activités recueillies sur ce disque étaient équivalentes au point de vue du rayonnement γ à 7^{mg}-30^{mg} de radium. Le disque actif était ensuite fixé dans sa position dans la cloche, et l'expérience ne commençait que lorsque le Ra A avait été spontanément détruit et qu'il ne restait plus sur le disque actif que du Ra B et du Ra C.

On étudiait l'ionisation produite dans le condensateur soit à pression constante, en fonction de la distance de la toile au disque actif, soit à distance constante, en fonction de la pression, en tenant compte de la destruction spontanée de la radioactivité induite. J'ai pu confirmer ainsi l'existence d'un rayonnement ionisant très absorbable que j'appellerai, pour abréger, *rayonnement x*. A des pressions de l'ordre de 5^{mm}, les effets de ce rayonnement diminuent rapidement lorsque la distance du disque à la toile augmente de $5^{mm},5$ à $24^{mm},5$ (limites de déplacement données par l'appareil). L'ionisation, due au rayonnement x, disparaît complètement sous une pression de 10^{mm}, au delà d'une distance de 10^{mm} environ. Ainsi le pouvoir pénétrant du rayonnement x paraît voisin de celui trouvé pour la projection du Ra B par le Ra A ([2]). Sous une pression de 30^{mm}, l'ionisation est, dans les limites de déplacement données par l'appareil, indépendante de la distance. A partir de cette pression-là, on n'observe plus dans le condensateur que des effets des rayonnements connus du dépôt actif, et l'ionisation paraît alors due principalement aux rayons α. En admettant

(1) MAKOWER et EVANS, *Phil. Mag.*, novembre 1910.
(2) *Comptes rendus*, t. 150, 4 avril 1910, p. 869.

que l'ionisation par les particules α est proportionnelle à la pression, on peut calculer l'importance relative du rayonnement x, en construisant des courbes d'ionisation à distance constante, en fonction de la pression. On constate ainsi que l'importance relative du rayonnement x varie beaucoup suivant le cas et dépend probablement de l'état de la surface active et de la manière dont se fait le dépôt actif.

Dans une expérience faite avec un disque de laiton qui a été fortement oxydé par un séjour de 5 heures dans l'air humide chargé d'émanation, l'ionisation due au rayonnement x, était sous la pression de $3^{mm},15$, 1,7 fois celle due aux rayons α, lorsque le disque se trouvait à $6^{mm},5$ de la toile. A la même pression, l'ionisation a diminué 2,2 fois lorsque la distance a augmenté de $6^{mm},5$ à $24^{mm},5$.

Dans une autre expérience faite avec un disque de laiton qui avait été activé pendant 3 heures 45 minutes dans l'air soigneusement desséché, et qui n'avait pas été en apparence oxydé, l'ionisation due au rayonnement x était sous la pression de $3^{mm},15$ environ 6,5 fois celle due au rayonnement α, lorsque le disque se trouvait à $6^{mm},5$ de la toile. Dans la même expérience, l'ionisation a diminué 4,4 fois, lorsque sous la pression de $3^{mm},15$ on a augmenté la distance de $6^{mm},5$ à $24^{mm},5$.

En examinant en fonction du temps le courant d'ionisation produit à basse pression et à faible distance de la source, on peut établir que le rayonnement x est dû au RaC. Cette conclusion est confirmée par le fait que le rayonnement x subsiste lorsqu'on utilise comme source active du RaC pur, déposé sur du nickel par le procédé de V. Lerch.

Si le rayonnement x était de nature électronique, il devrait correspondre, d'après ce qu'on sait de l'absorption des rayons cathodiques, à des électrons doués d'une vitesse notablement inférieure à 10^{10} cm : sec. En faisant agir un champ magnétique d'intensité convenable, on devrait donc les empêcher d'entrer dans le condensateur et supprimer ainsi totalement le phénomène de l'ionisation initiale. En réalité, lorsqu'on établit un champ de 1700 unités, capable d'écarter du condensateur des rayons de $1,5.10^{10}$ cm : sec, on continue d'observer le phénomène de l'ionisation initiale, dont l'importance relative se trouve toutefois diminuée. J'appelle x_1 le rayonnement ionisant absorbable qui subsiste lorsqu'on excite le champ magnétique. Ce rayonnement x_1 produit encore une ionisation environ 6 fois plus forte que le rayonnement α, dans les conditions du deuxième exemple donné plus haut ($p = 3^{mm},15$; $d = 6^{mm},5$).

Ainsi la partie essentielle du rayonnement x paraît peu influencée par un champ magnétique d'intensité moyenne. La partie aisément déviable du

rayonnement x paraît être un rayonnement secondaire émis par les tubes de laiton, peut être sous l'action des rayons α.

En effet, lorsqu'on recouvre le disque actif d'une feuille d'aluminium de $0^{\mu},7$ d'épaisseur, on supprime complètement la partie x_1, autrement dit quand le champ agit, l'ionisation est indépendante de la distance; mais en l'absence du champ, on observe un faible rayonnement ionisant dont le pouvoir pénétrant est de même ordre de grandeur que celui du rayonnement x et qui, par conséquent, ne peut pas être émis par la source (la feuille d'aluminium, équivalant, à 10^{cm} d'air, à la pression où l'on opère). Cette façon de voir est confirmée par le fait qu'on supprime complètement tout effet de rayonnement absorbable, lorsqu'on applique la feuille d'aluminium contre la toile du condensateur, au lieu de la disposer entre le disque actif et le faisceau des tubes.

En résumé, le RaC émet un rayonnement ionisant relativement intense, de pouvoir pénétrant analogue à celui des projections radioactives, peu déviable par le champ magnétique. Il paraît donc naturel d'identifier le rayonnement x_1 et la projection du RaD par le RaC.

Des expériences sont en train pour préciser l'influence que l'état de la surface active exerce sur l'importance du rayonnement x_1, et sur la courbe d'ionisation relative à ce rayonnement.

PHYSIQUE. — *Conductibilité accompagnant des réactions chimiques.* Note de M. G. Reboul, présentée par M. Lippmann.

La grande majorité des réactions chimiques [1] suivies d'ionisation sont accompagnées de rupture de surface ou d'élévation de température. Afin d'éviter ces derniers effets, j'ai essayé d'étudier des réactions se produisant à température ordinaire : le gaz réagissant étant le chlore ou le chlore dilué avec un gaz inerte.

Les appareils employés étaient complètement en platine; les mesures étaient faites, soit à l'électromètre Curie, soit avec un électroscope Wilson en platine et feuille de platine; dans ce dernier cas, les réactions se produisaient dans la cage même de l'électroscope.

Des diverses réactions essayées, il n'en est pas qui, pour une sensibilité

---

[1] De Broglie et Brizard, *Comptes rendus*, 1909. — L. Bloch, *Ann. de Chim. et de Phys.*, mars, avril et mai 1911.

suffisante, n'ait provoqué une décharge de l'appareil de mesure; il n'en est pas non plus qui, pour un examen attentif à la loupe ou au microscope, soit complètement à l'abri de variations superficielles que l'on pourra toujours rapprocher d'un barbotage.

Avec du chlore dilué ou non de manière à éviter l'inflammation, l'on constate production d'une légère conductibilité dans l'attaque du potassium, du sodium et de leurs amalgames. A la surface du métal se forme une croûte blanche que l'on voit parfois se boursoufler sans qu'il y ait barbotage analogue à celui que présente ces métaux à l'air humide.

Exemple. — Avec du sodium l'on a obtenu :

Champ extracteur.	Charges positives.	Charges négatives.
volts		
1000	61	58
800	45	42
600	31	35
400	23	17
200	15	10

Une unité des charges précédentes vaut environ 5×10^{-13} coulomb. Les charges extraites augmentent avec le champ. L'action apparaît comme superficielle, étant très rapidement limitée par la croûte qui se forme à la surface.

Avec des substances comme l'arsenic, l'antimoine, le sélénium, l'étain, l'iode et du chlore concentré ou dilué pour éviter l'inflammation, l'électroscope accuse un léger courant de décharge. Le champ électrique agissant au moment même de la réaction, il est impossible de se mettre à l'abri d'un effet possible dû à la convection. Les charges mises en jeu sont de l'ordre de 10^{-13} coulomb et en l'absence d'effet de convection correspondraient à un nombre d'ions produits, excessivement faible par rapport au nombre de molécules intervenantes.

Enfin, avec des métaux comme le mercure, le cuivre amalgamé, le cuivre, une attaque par le chlore peut donner naissance à des charges excessivement faibles et très rapidement limitées : on suit pendant plusieurs heures, d'après la méthode habituelle, l'ionisation spontanée dans un électroscope à parois de cuivre ou cuivre amalgamé et disposé en Wilson; l'introduction du chlore provoque une légère augmentation de l'ionisation (10^{-14} à 10^{-15} coulomb). L'action paraît superficielle, car une fois la surface attaquée une nouvelle introduction du chlore ne produit aucune variation de l'ionisation.

PHYSIQUE. — *Action de la translation terrestre sur les phénomènes lumineux.* Note (1) de M. Luigi Giuganino, présentée par M. H. Poincaré.

La théorie électromagnétique de la lumière, développée par H. A. Lorentz, amène à une remarquable relation, découverte par Fresnel, entre la vitesse de propagation de la lumière dans un milieu transparent, l'indice de réfraction, et la vitesse de translation de ce milieu : cette relation explique assez bien *l'entraînement partiel des ondes*, observé par Fizeau, Michelson et Morley.

Dans cette Note, j'applique la même formule à l'étude des phénomènes qui doivent se produire dans l'expérience que je vais décrire, en admettant, d'après Lorentz, que l'éther n'est pas, même partiellement, entraîné dans le mouvement de la Terre. Il paraît que cette expérience n'a jusqu'ici jamais été exécutée.

Une onde lumineuse plane $O_1 O_2$, se propageant dans la direction $O_1 S_1$, $O_2 S_2$, est déviée, par une surface réfléchissante $S_1 S_2$, de 90° exactement, suivant la direction $S_1 O'_1$, $S_2 O'_2$, et, après la réflexion, traverse un appareil interférentiel : on marque, avec un oculaire micrométrique, la position des franges d'interférence. Ensuite, on pose en L_1, sur la partie O_1 de l'onde plane, *et avant la réflexion*, une lame transparente plane, parallèle à l'onde, ayant une épaisseur l_1 ; et en L_2, sur la partie restante de l'onde O'_2, *et après la réflexion*, une autre lame, ayant une épaisseur l_2. On observe alors la nouvelle position des franges d'interférence, en négligeant les phénomènes de diffraction produits par L_1, L_2.

Si $l_2 = l_1$, et si l'éther était complètement entraîné dans la translation terrestre, les franges d'interférence ne changeraient pas.

Admettons au contraire que l'éther reste dans un repos absolu, et calculons, d'après la formule de Fresnel-Lorentz, le retard, *en longueurs d'onde*, que les deux parties de l'onde subissent sous l'action de L_1, L_2.

Supposons que la normale à l'onde réfléchie est parallèle à la translation terrestre, dont la vitesse est v, et négligeons le carré de l'aberration.

Représentons par c, ω, ν, n, λ, v_n la vitesse de la lumière dans le vide et dans L_1, L_2, les indices de réfraction de L_1, L_2 au repos et pendant le mouvement, la longueur absolue de l'onde, et la projection de v sur la

(1) Présentée dans la séance du 29 mai 1911.

normale à l'onde. La formule de Fresnel-Lorentz est

$$(1) \qquad \omega = \frac{c}{n} + \frac{n^2-1}{n^2} v_n = \frac{c}{\nu} + \left(\frac{\nu^2-1}{\nu^2} - \frac{\lambda}{\nu}\frac{\partial\nu}{\partial\lambda}\right) v_n = \frac{c}{\nu} + \frac{\nu^2-1}{\nu^2} v_n,$$

car $\frac{\lambda}{\nu}\frac{\partial\nu}{\partial\lambda}$ est de l'ordre du centième, vis-à-vis de $\frac{\nu^2-1}{\nu^2}$ (voir DRUDE, *Lehrbuch der Optik*, p. 426-427).

Le retard produit par L_1 est

$$(2) \qquad R_1 = l_1(\nu - 1),$$

comme si L_1 était au repos, car on a $v_n = 0$.

Dans L_2 la vitesse absolue de la lumière est ω, la vitesse relative est $\omega - v_n$, et l'onde traverse L_2 dans le temps $\frac{l^2}{\omega - v_n}$, parcourant un espace $l_2\frac{\omega}{\omega - v_n}$. Pendant ce même temps, dans l'éther libre, elle aurait parcouru un chemin $l_2\frac{c}{\omega - v_n}$; donc le retard est

$$(3) \qquad R_2 = l_2\frac{c-\omega}{\omega - v_n} = l_2\frac{1-\frac{\omega}{c}}{\frac{\omega}{c} - \frac{v_n}{c}} = l_2\frac{1-\frac{1}{\nu}-\frac{\nu^2-1}{\nu^2}\frac{v_n}{c}}{\frac{1}{\nu}\left(1-\frac{1}{\nu}\frac{v_n}{c}\right)} = l_2(\nu-1)\left(1-\frac{v_n}{c}\right).$$

Si l'on admet la contraction de Lorentz [cf. LORENTZ, *Encyklopädie der math. Wiss.*, Bd. V_2, Heft I, p. 274, et EINSTEIN, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (*Annalen der Physik*, (4), t. XVII, 1905, p. 903)], et si les deux lames L_1, L_2 ont même longueur quand elles sont orientées de la même façon relativement à la translation terrestre, on a

$$l_2 = l_1\sqrt{1-\left(\frac{v_n}{c}\right)^2} = l_1 = l.$$

D'après les conditions de continuité sur les diverses surfaces, on voit de suite que les deux parties O'_1, O'_2 de l'onde sont toujours planes et parallèles, mais la partie O'_1 reste en arrière de O'_2 d'une longueur

$$(4) \qquad R = R_1 - R_2 = l(\nu - 1)\frac{v}{c}.$$

Si nous voulons que R soit égal à $\frac{1}{2}\lambda$, il suffit que $l = \frac{\lambda}{2(\nu-1)}\frac{v}{c}$. Pour le rayon vert du cadmium $\lambda = 0^{mm},0005085$, et $\nu = 1,5$, on a $l = 5^{mm},085$, $\frac{c}{v}$ étant égal à 10^4.

Dans ces conditions, les nouvelles franges d'interférence n'occuperont plus la même position qu'auparavant, mais elles seront déplacées d'une quantité égale à la largeur d'une frange.

On peut traiter le problème général par la fonction caractéristique d'Hamilton : mais le résultat fondamental est ce que je viens d'exposer d'une façon bien élémentaire.

J'ai tâché d'exécuter l'expérience avec les moyens que j'avais à ma disposition, mais les appareils dont je me suis servi n'avaient pas de sensibilité suffisante, et je n'ai pu en tirer aucune conclusion : maintenant, j'essaie de répéter l'expérience dans de meilleures conditions.

PHYSIQUE. — *Sur l'ionisation corpusculaire des vapeurs salines et la recombinaison des ions d'une flamme.* Note de M. G. **Moreau**, présentée par M. E. Bouty.

La conductibilité d'un sel alcalin ou alcalino-terreux vaporisé dans une flamme et mesurée entre deux électrodes de platine, s'élève considérablement, lorsque la cathode est recouverte de chaux. J'ai montré ([1]) qu'elle est due à l'ionisation du sel par les corpuscules que l'oxyde incandescent envoie dans la flamme. Des électrodes recouvertes de baryte et de strontiane donnent des résultats analogues. Si l'on emploie comme cathode une nacelle contenant un sel alcalin, on note de même une élévation de conductibilité : avec une cathode de carbonate de potassium, on peut observer des courants de plusieurs milliampères. Donc, en se vaporisisant, les sels alcalins émettent, comme les oxydes alcalino-terreux, un flux de corpuscules susceptibles d'ioniser une vapeur saline.

Quels que soient la cathode sensible et le sel vaporisé dans le corps de la flamme, la conductibilité de la vapeur saline est analogue à celle d'un gaz ordinaire ionisé. Le courant croît avec le champ et tend vers un courant de saturation Q : celui-ci cependant n'est jamais atteint, car l'ionisation des gaz de la flamme par le choc des ions négatifs intervient et, au-dessus d'un certain champ, le courant augmente rapidement. Des observations faites avec champs faibles — inférieurs à 200 volts par centimètre — il est possible de déduire par un calcul simple le courant Q et le coefficient de recombinaison des ions.

([1]) *Comptes rendus*, 1er mai 1911.

Avec différentes cathodes et divers sels vaporisés, j'ai obtenu les résultats suivants :

Grandeur de l'ionisation d'un sel. — Du courant de saturation Q, observé avec une flamme concentrée en vapeur saline, on déduit le nombre p de molécules salines que chaque corpuscule cathodique peut dissocier. Dans la Note rappelée ci-dessus, j'ai montré qu'au point de vue de son action ionisante, le flux cathodique est rapidement absorbé par une flamme concentrée, chaque corpuscule rencontrant, avant d'atteindre l'anode, le nombre maximum de molécules qu'il est capable de briser. Si donc N_0 corpuscules sortent par seconde de la cathode, ils donnent les pN_0 ions négatifs du courant Q.

La détermination de N_0 se fait ainsi :

La conductibilité de la flamme *pure* est fortement augmentée par les corpuscules. Ceux-ci n'ionisent pas sensiblement les gaz de la flamme, sinon leur action sur les molécules d'une vapeur saline mélangée à cette flamme passerait inaperçue, car les flammes même très concentrées contiennent toujours une très faible proportion de molécules salines (¹). Il suffit alors d'étudier avec des champs croissants la conductibilité de la flamme pure entre une anode nue et la cathode sensible. Parmi les N_0 corpuscules que reçoit la flamme, un certain nombre reviennent par diffusion à la cathode. Avec un champ assez élevé qui les éloigne rapidement, la diffusion est relativement faible et le courant Q′ observé transporte sensiblement tous les corpuscules qui sortent de la cathode. Il est possible du reste de tenir compte de la diffusion. On a ensuite $p = \frac{Q}{Q'}$.

Voici les résultats :

1° Avec la même cathode sensible, p ne varie pas avec le radical acide, mais seulement et assez peu avec le métal du sel vaporisé dans le corps de la flamme. En posant $p = 1$ pour les sels de sodium, on a :

Sels de....	Potassium.	Sodium.	Lithium.	Baryum.	Strontium.	Calcium.
p.......	2	1	1	1,2	0,8	0,7

Le métal seul subit l'ionisation et ces nombres mesurent les fragilités relatives des atomes.

2° La valeur de p pour les *sels de sodium*, pris comme types de comparaison, change avec la nature de la cathode, sa température, sa durée d'échauffement : une fatigue de l'électrode se manifeste avec les oxydes alcalino-terreux. La température de la cathode étant de 1500° absolus environ, j'ai

(¹) ARRHENIUS, *Wied. Ann.*, 1891.

trouvé que p ne dépassait pas 20 avec de la chaux, 10 avec la strontiane, la baryte et une cathode de carbonate de sodium, qu'il peut atteindre 25 avec une cathode de carbonate de potassium. Ces nombres relativement élevés montrent qu'à haute température les atomes des vapeurs salines sont facilement dissociables et qu'il suffit d'un choc léger pour les ioniser.

Recombinaison des ions. — Avec différentes cathodes et diverses vapeurs salines, j'ai obtenu pour le coefficient de recombinaison α, en unités électrostatiques, des valeurs comprises entre 5000 et 20000. Les variations entre ces limites sont dues surtout aux variations de la température de la région qui touche la cathode où l'ionisation est particulièrement active. On déduit qu'il se produit une recombinaison sur 500 collisions. Le taux de la recombinaison est plus faible que dans l'air ordinaire où il atteint une recombinaison sur 4 collisions (¹). Ce résultat ne peut surprendre, car la vitesse d'agitation des ions négatifs d'une flamme est notablement plus élevée que dans l'air ordinaire.

PHYSIQUE. — *Sur la double réfraction circulaire du chlorate de sodium.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

Pour expliquer la polarisation rotatoire du quartz, Fresnel a imaginé que ce corps était doué, dans le sens de l'axe, d'une biréfringence particulière pour les deux circulaires inverses qu'il est susceptible de propager sans altération, et il a institué différentes expériences pour montrer qu'il ne s'agissait pas d'une pure hypothèse; parmi les dispositifs qu'il a réalisés, un des plus ingénieux est celui du *triprisme*, qui est en réalité un parallélépipède formé par l'assemblage de plusieurs prismes de quartz, alternativement droits et gauches.

Bien que cette expérience soit susceptible d'être interprétée d'une autre façon, comme l'a montré M. Gouy, j'ai pensé qu'il y avait un intérêt spécial à constater cette double réfraction dans des corps qui sont doués de pouvoir rotatoire, sans avoir aucune biréfringence ordinaire; c'est-à-dire soit dans des liquides, soit dans des substances cristallisées dans le système cubique, lesquels corps doivent présenter le pouvoir rotatoire et, par conséquent, la double réfraction circulaire avec la même intensité dans toutes les directions.

(¹) Langevin, *Thèse*, 1902.

C'est là ce qui doit se produire avec le chlorate de sodium qui cristallise dans le système cubique, avec adjonctions de facettes hémiédriques, trahissant une dissymétrie de la molécule (Marbach); la différence des indices qu'il s'agit de mettre en évidence est d'ailleurs très faible pour ce corps, dont le pouvoir rotatoire est de 7 à 8 fois plus petit que pour le quartz; il est en effet de 3° environ par millimètre pour la lumière jaune, et la différence d'indice est donnée par l'équation

$$\alpha = \frac{\pi\delta}{\lambda} = \frac{\pi(n_d - n_g)e}{\lambda}$$

ou

$$n_d - n_g = \frac{\alpha}{e}\frac{\lambda}{\pi} = \frac{3}{180} \times 0,0005 = 0,000009.$$

Pour manifester une séparation des rayons dans ces conditions, j'ai eu recours à un dispositif analogue à celui du triprisme.

Grâce à l'obligeance de M. Astre, directeur de l'Institut de Chimie de l'Université de Montpellier, j'ai pu me procurer des cristaux assez volumineux de chlorate de sodium, qui étaient maclés et provenaient de l'assemblage d'individus droits et gauches; je les ai séparés et j'ai pu isoler des cristaux droits assez gros, avec lesquels l'habile constructeur, M. Werlein, a obtenu un prisme isoscèle, dont l'angle était de 137° et qui était, en réalité, formé de plusieurs morceaux taillés dans des directions différentes et réunis entre eux; n'ayant pas de cristaux gauches assez volumineux pour les associer avec le prisme précédent, j'ai fait compléter le parallélépipède par l'adjonction de deux prismes rectangles en crown, dont les angles étaient de 68°30′ et dont l'indice avait été choisi de façon à être aussi rapproché que possible de celui du chlorate.

Dans ces conditions, l'écart, à la sortie, des deux rayons doit être de

$$(n_d - n_g) \times 2\,\text{tang}\,68°30' = 5(n_d - n_g) = 0,000045,$$

ce qui correspond à 9″.

J'ai pu, en effet, constater cet écart avec un bon goniomètre de Brünner, en utilisant la radiation verte de l'arc au mercure : on aperçoit dans le champ la raie verte dédoublée en deux composantes très voisines et séparées par un étroit sillon noir; l'aspect du phénomène ne laisse place à aucun doute, car les composantes sont polarisées circulairement en sens inverse, ainsi que je l'ai constaté avec un analyseur biréfringent et un mica quart d'onde.

L'emploi de l'arc au mercure permet d'observer simultanément le dédoublement pour le jaune, pour le vert et pour le violet; en raison de la

dispersion notable du phénomène, ce dédoublement est plus considérable pour cette dernière couleur, mais l'intensité relativement faible de la raie violette dans l'arc rend plus difficile l'observation directe; pour le jaune, la séparation est moindre que pour le vert. J'ai pu, néanmoins, la constater avec une flamme de sodium. D'une manière générale, la concordance des résultats obtenus doit être rapprochée de ce fait que le prisme n'était pas unique, mais formé de plusieurs morceaux taillés dans des directions quelconques et assemblés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition de l'eau par les métaux.* Note de M. **Miroslaw Kernbaum**, présentée par M. A. Haller.

Quand on secoue la poudre de zinc avec de l'eau en présence d'air, on obtient toujours, en plus de l'hydrogène qui se dégage en petites bulles, un peu d'eau oxygénée. La même expérience est réalisable, il est vrai, un peu plus difficilement, avec de la poudre de magnésium, d'aluminium, d'étain, de cadmium, etc., métaux qui se rangent à côté du zinc dans la série des tensions électrolytiques.

Ce phénomène décrit et étudié d'abord par M. M. Traube (¹), en 1882, figure dans la plupart des Traités récents de Chimie.

Je me suis proposé de répéter les expériences de M. Traube pour m'assurer si la production simultanée d'hydrogène et d'eau oxygénée ne pouvait pas être réalisée *en absence parfaite d'oxygène libre.*

Les détails et la méthode employée dans ces essais, qui ont été effectués au laboratoire de Mme Curie, seront décrits ailleurs. Je ne donnerai ici que sommairement les résultats et les conclusions.

I. L'observation de M. Traube, d'après laquelle l'eau oxygénée ne se produit pas en absence de l'oxygène libre, est confirmée, si l'on prend les précautions nécessaires pour exclure les moindres traces d'air, occlus dans le zinc ou absorbé dans l'eau.

II. Mais l'affirmation que l'hydrogène ne se produit pas dans les mêmes conditions est en contradiction avec les nouvelles expériences qui ont été notablement modifiées et multipliées, depuis qu'ont été publiées les recherches du distingué chimiste allemand.

III. Le mécanisme du phénomène peut être représenté de la façon sui-

(¹) *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. XV, 1882, p. 659.

vante :

(1) $$\mathrm{Zn + H^2O = Zn + \underset{-}{OH} + \underset{+}{H}},$$

(2) $$\mathrm{Zn} + \genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{OH}}{\mathrm{OH}} + \mathrm{H^2O + H = Zn(OH)^2 + H^2O + H},$$

(3) $$\mathrm{H^2O} + \genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{H}}{\mathrm{H}} + \mathrm{O^2 = H^2O + H^2O^2},$$

(4) $$\mathrm{Zn + H^2O^2 = Zn(OH)^2},$$

ou, en résumant ces quatre équations dans une seule :

(5) $$\mathrm{Zn + H^2O + O^2 = Zn(OH)^2 + H^2O^2 + H^2O + H}.$$

L'*hydrogène se dégage toujours* et la réaction (2) se poursuit simultanément avec la réaction (1). Mais si l'on n'a pas exclu soigneusement les traces d'air, l'hydrogène naissant se combine à l'oxygène libre pour donner de l'eau oxygénée (3) qui attaque à son tour le zinc (4).

IV. Il est évident que le même mécanisme intervient aussi dans la décomposition de l'eau par tous les métaux réagissant à froid. On peut l'appliquer, en outre, pour les métaux qui décomposent l'eau à chaud en admettant, comme cause de l'ionisation, l'*émission des électrons négatifs par un corps incandescent* (phénomène de Richardson). En parlant de la décomposition de l'eau par la chaleur, on suppose toujours le contact avec un corps solide chaud, puisque la chaleur rayonnante ne provoque aucune réaction chimique directement [1].

La dissociation de l'eau par le courant électrique peut être envisagée comme suite de l'ionisation par les électrons qui sont émis par la cathode constituée par le métal plus électropositif que l'anode, par la définition même du mot *électropositif*. Si les deux électrodes sont de la même substance, on peut produire le courant électrique en éclairant celle qui doit servir comme cathode (effet Edmond Becquerel, piles photoélectriques) ou en la réchauffant (effet William Thomson, piles thermoélectriques).

Les rayons β du radium [2] qui décomposent l'eau, sans qu'il y ait contact entre celle-là et le sel actif, fournissent une preuve directe que les électrons ionisent les liquides, soit par choc, soit par communication de la charge.

---

(1) Les ondes infra-rouges doivent exercer quand même une action indirecte en réchauffant l'eau.

(2) A. Debierne, *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 69, et *Comptes rendus* du 15 mars 1909. — M. Kernbaum, *Comptes rendus*, t. 148, p. 705, et t. 149, 1909, p. 116.

MM. Haber et Just (¹) ont observé l'émission des électrons négatifs par les métaux réagissant sous l'influence de l'humidité. M. Fredenhagen (²) vient de faire la même observation relativement à l'influence de la chaleur. Il est connu qu'un métal réagit d'autant plus énergiquement qu'il est plus électropositif. Dès lors, plus il émet facilement des électrons sous l'influence de la chaleur ou de la lumière, plus il a de tendance à réagir.

En ce qui concerne l'action des rayons ultraviolets, les poussières ou les parois, sensibles à l'effet Hertz-Hallwachs-Lenard, doivent agir comme catalysateurs (³).

V. Dans mes Notes antérieures j'ai parlé d'un *mode anormal de la décomposition de l'eau* conforme à la formule :

$$2H^2O = H^2O^2 + H^2, \tag{6}$$

et provoqué par divers rayonnements, pour le distinguer du *mode normal*, conforme à la formule

$$2H^2O = 2H^2 + O^2, \tag{7}$$

et provoqué par la chaleur ou le courant électrique.

Or les expériences décrites plus haut me font penser que les équations (6) et (7) n'expriment que les résultats définitifs des différentes réactions consécutives. En vérité, quelques essais de M. Debierne et de l'auteur prouvent que, dans le cas classique des rayons β, l'équation différentielle de la réaction est du premier ordre.

En se plaçant donc au point de vue de la dynamique chimique, la formule de la décomposition de l'eau doit s'écrire :

$$H^2O = \underset{-}{OH} + \underset{+}{H}.$$

Cette équation est connue depuis longtemps sous le nom de la *formule de la dissociation électrolytique de l'eau.*

Les faits énoncés ont été en partie prévus par Sir J.-J. Thomson dans sa *Théorie corpusculaire de la matière*.

(¹) *Annalen der Physik*, t. XXX, 1909, p. 411.

(²) *Physikalische Zeitschrift*, t. XII, 1911, p. 398.

(³) H. Thiele, *Berichte*, t. XL, 1907, p. 4914. — L. Bloch, *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 74. — M. Kernbaum, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 273. — A. Tian, M. Lombard, Van Aubel, Victor Henri et ses collaborateurs, *Comptes rendus*, 1909-1911.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique, par voie humide, des éthers-sels issus des acides forméniques.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. Georges Lemoine.

Dans des Communications antérieures [1], l'un de nous a montré que certaines réactions par voie humide sont, les unes favorisées, les autres provoquées par la présence de certains corps faisant l'office de catalyseurs. Ainsi le sulfate d'alumine et le bisulfate de potassium, à très faible dose, déterminent la transformation de la glycérine en acroléine. D'autre part, le sable et, surtout, le sulfate d'alumine sont des adjuvants de l'acide sulfurique pour la préparation des carbures éthyléniques et de l'oxyde d'éthyle à partir des alcools. On pouvait dès lors se demander si les mélanges d'alcools et d'acides organiques ne fourniraient pas, sous l'influence des mêmes catalyseurs, par élimination d'eau, les éthers-sels correspondants.

I. — Nos premières recherches ont porté sur le mélange équi-moléculaire d'acide acétique et d'alcool éthylique à 95°.

Distillés seuls dans un ballon muni d'un tube Vigreux, 200$^{cm^3}$ de ce mélange ont fourni, après 1 heure, un liquide où l'acétate d'éthyle correspondait aux 17,8 pour 100 du rendement théorique.

Distillés avec 10^g de sulfate d'alumine anhydre et dans des conditions identiques, 200$^{cm^3}$ du même mélange ont fourni en éther les 62,2 pour 100 de la théorie. *On ne saurait attribuer ce résultat à une simple absorption d'eau*, car, avec le sulfate hydraté, la proportion d'éther s'élève encore à 36 pour 100, tandis que le sulfate de soude anhydre, quoique très avide d'eau, ne produit aucun effet.

Au contraire, malgré son peu d'affinité pour l'eau, le bisulfate de potassium, qui s'était montré supérieur au sulfate anhydre d'alumine pour la préparation de l'acroléine, a donné également, pour l'éther acétique, de meilleurs résultats. Par l'introduction de 10^g de bisulfate de potassium dans 200$^{cm^3}$ du mélange alcool-acide, le rendement en éther a atteint les 82 pour 100 de la théorie, et il s'est maintenu à 64 pour 100 avec 2^g de bisulfate.

---

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 151, p. 392 et 530; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. IX, p. 370 et 374.

De même que pour l'acroléine, on pourrait admettre que le bisulfate forme avec l'alcool un composé temporaire (sulfate de potassium et d'éthyle), lequel, en présence de l'acide acétique, donne l'acétate d'éthyle, tandis que le bisulfate de potassium est régénéré.

On peut être tenté aussi d'attribuer l'action du bisulfate de potassium à l'acide sulfurique libre qui résulterait de la transformation de ce bisulfate en sulfate neutre. C'est ce qui nous a conduit à reprendre l'étude de l'acide sulfurique comme agent d'éthérification.

II. — On connaît depuis longtemps le rôle auxiliaire de l'acide sulfurique dans la préparation des éthers issus des acides organiques. Berthelot l'expliquait par la chaleur qu'apporte à la réaction l'acide sulfurique en formant des hydrates, de sorte que la vitesse et la limite d'éthérification devraient croître avec la quantité de SO^4H^2 employé.

D'après nos expériences, la théorie de Berthelot s'adapte, comme on le verra, à l'éthérification des acides aromatiques où le carbonyle est uni directement au noyau benzénique; mais elle ne paraît convenir ni aux acides de cette série qui ont leur carbonyle séparé du noyau par des chaînons forméniques, ni aux acides gras.

Pour l'acide acétique, par exemple, et l'alcool à 95°, mêlés à molécules égales, nous avons distillé, dans 1 heure, 200^{cm^3} de ce mélange additionné de 10 pour 100, en volume, de SO^4H^2, comme on le fait généralement, et nous avons recueilli, en éther acétique, les 86,5 pour 100 de la théorie. Mais nous sommes arrivés au même rendement en employant 2 et même 1 pour 100 de cet acide. La chaleur dégagée dans ces derniers cas par la petite quantité d'hydrate sulfurique qui a pu se former est évidemment insuffisante pour expliquer le rôle de SO^4H^2 dans la production de l'acétate d'éthyle, et c'est plutôt une action catalytique qui fournira cette explication. Il semble tout d'abord que le mécanisme de cette catalyse est le même que pour l'oxyde d'éthyle, lequel résulte, comme on sait, de la formation temporaire et de la destruction de l'acide éthylsulfurique. Mais à *la température où se produit l'éther acétique*, *l'acide éthylsulfurique est stable :* dès lors c'est lui et non l'acide sulfurique qui servira de pivot aux deux réactions suivantes : 1° formation du sulfate neutre d'éthyle très instable; 2° destruction de ce sulfate neutre en présence de l'acide acétique, avec production d'acétate d'éthyle et retour à l'acide éthylsulfurique dont l'action catalytique, analogue à celle décrite pour le bisulfate de potassium, se traduira

par les équations suivantes :

(1) $$SO^4HC^2H^5 + C^2H^5OH = H^2O + SO^4(C^2H^5)^2,$$

(2) $$SO^4(C^2H^5)^2 + CH^3CO^2H = CH^3CO^2C^2H^5 + SO^4HC^2H^5.$$

III. — Le bisulfate de potassium, le sulfate anhydre d'alumine et l'acide sulfurique, dont nous venons d'exposer les effets catalytiques sur le mélange d'éthanol et d'acide acétique, agissent de la même manière sur les mélanges des autres alcools et acides forméniques pour les transformer en éthers-sels. Dans la production de ces éthers, *c'est toujours l'acide sulfurique à* 1 *ou* 2 *pour* 100 *du volume alcool-acide, qui a donné les meilleurs résultats.* Le bisulfate de potassium, qui vient avant le sulfate d'alumine dans le cas de l'acétate d'éthyle, se place au contraire après lui pour d'autres éthers, ce qui montre qu'il a une activité propre, ne procédant pas, comme on aurait pu le supposer, de celle de l'acide sulfurique libre qui résulterait de la transformation du bisulfate en sulfate neutre de potassium.

D'après nos indications et en employant surtout l'acide sulfurique on a pu déjà préparer industriellement les éthers suivants : formiates de méthyle et d'éthyle; acétates de méthyle, d'éthyle, de propyle et d'amyle; propionate d'éthyle, isovalérate d'isoamyle.

En comparant les résultats obtenus par cette méthode avec ceux que fournit l'éthérification opérée par l'acide organique naissant, on a pu conclure que ce dernier procédé, beaucoup moins simple, ne donnait pas de meilleurs rendements. Le plus souvent d'ailleurs, pour libérer l'acide organique de sa combinaison saline, on a recours à l'acide sulfurique dont l'action catalytique doit intervenir pour une bonne part dans le phénomène de l'éthérification.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'isobutylamine et de la diisobutylamine sur l'acide α-bromobutyrique.* Note de M. **Jean Nivière**, présentée par M. A. Haller.

Par l'action de l'isobutylamine sur l'acide α-bromobutyrique, on obtient l'acide α-isobutylaminobutyrique.

A cet effet, on chauffe en matras scellé à 100°-105°, pendant environ 10 heures, 1^{mol} d'acide α-bromobutyrique et 3^{mol} d'isobutylamine, en solu-

tion aqueuse moyennement étendue. On a

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ | \\ CH^2 \\ | \\ CHBr \\ | \\ COOH + 3NH^2C^4H^9 \end{array} = \begin{array}{l} CH^3 \\ | \\ CH^2 \\ | \\ CH - NHC^4H^9 \\ | \\ COOH.NH^2 - C^4H^9 \end{array} + NH^2 - C^4H^9.HBr$$

Le contenu du matras est distillé avec la quantité de baryte correspondant au déplacement de 2^{mol} de base.

On précipite ensuite la baryte exactement par l'acide sulfurique, on centrifuge pour séparer le sulfate de baryte. On enlève l'acide bromhydrique par l'oxyde d'argent, on filtre, on précipite l'argent dissous par l'hydrogène sulfuré.

En évaporant la solution filtrée, l'acide α-isobutylaminobutyrique se dépose. On le purifie par cristallisation dans l'alcool.

Propriétés. — Le produit se présente sous la forme de lamelles nacrées qui, sous l'action de la chaleur, se subliment sans fondre, en dégageant des vapeurs ammoniacales. Il est soluble dans l'eau, l'alcool, insoluble dans l'éther.

Chauffé dans un courant de gaz chlorhydrique à 180°-200°, il ne donne pas la bisméthyl-2-propyl-1.4-diéthyl-2.5-diaci-3.6-pipérazine; mais il y a perte d'anhydride carbonique et formation de propylméthyl-2-propylamine.

Chlorhydrate. Gros cristaux blancs. Perd de l'acide chlorhydrique à 100°-110°. Il paraît cristalliser avec $1\frac{1}{2}H^2O$.

Chloroplatinate. Aiguilles rouges. Se décompose à 100°-110°. Il paraît cristalliser avec $2H^2O$.

Chloroaurate. Cristaux jaune or.

Le sel de cuivre. Lamelles bleues contenant $2H^2O$. Il perd $1H^2O$ sur SO^4H^2 et devient lilas. Se décompose à 100°-110° en dégageant une odeur d'isobutylamine.

Le sel d'argent. Lamelles soyeuses, anhydres; se réduit à chaud.

Le picrate. Cristaux jaunes mamelonnés.

Le chlorhydrate, le chloroplatinate et le picrate d'α-isobutylaminobutyrate d'éthyle sont incristallisables. Quant à l'éther lui-même, c'est un liquide.

Par l'action de la diisobutylamine sur l'acide α-bromobutyrique, on observe seulement la formation d'acide α-oxybutyrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation du limonène.* Note de M. G. VAVON, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication (¹) j'ai indiqué que le limonène, agité avec du noir de platine dans une atmosphère d'hydrogène, absorbait 4^{at} de ce gaz par molécule pour donner un carbure saturé $C^{10}H^{20}$. L'étude de la vitesse d'absorption du gaz et mieux encore celle de la variation du pouvoir rotatoire du liquide à chaque instant de l'expérience, montrent que le limonène fixe d'abord 2^{at} d'hydrogène pour donner un dihydrure $C^{10}H^{18}$ et que celui-ci absorbe à nouveau 2^{at} d'hydrogène en fournissant le menthane $C^{10}H^{20}$.

Vitesse d'absorption du gaz. — Si l'on met une quantité de platine suffisante (au moins 1^g de platine pour 50^g de limonène), l'hydrogène se fixe avec une vitesse quasi uniforme pendant la première moitié de l'expérience; cette vitesse diminue alors brusquement et reste à nouveau à peu près constante jusqu'à la fin de l'opération. Voici à titre d'exemple les nombres obtenus dans l'une des expériences faites à ce sujet:

Limonène..... 35^g Platine..... 9^g

Temps.	Volumes absorbés.	Vitesses (cm³ par 5 minutes).
m	cm³	
5	1100	1100
10	2200	1100
15	3350	1150
20	4530	1180
25	5700	1170
30	6670	970
35	7630	960
40	8610	980
45	9560	950
50	10480	920
55	11400	920
60	12150	750
65	12400	250
120	12450	<5

(¹) *Comptes rendus*, t. 149, p. 997.

La discontinuité qu'on observe dans la vitesse au milieu de l'expérience (1170 à 970) semble bien indiquer qu'il se forme un terme transitoire $C^{10}H^{18}$.

L'étude du pouvoir rotatoire met en relief cette discontinuité d'une façon très nette.

Variation du pouvoir rotatoire. — Le limonène mis en œuvre a pour rotation, sous 5^{cm}, $\alpha_{578} = +54°$ et $\alpha_{436} = +105,8$. Le tétrahydrure est complètement inactif (moins de 1′ sous 5^{cm}). Si donc le limonène fixe directement 4^{at} d'hydrogène, le pouvoir rotatoire du liquide doit varier d'une façon continue au cours de l'expérience et diminuer proportionnellement à la quantité d'hydrogène fixé. Or, les résultats obtenus sont tout autres ainsi que le montre le Tableau suivant :

Volumes absorbés.	Rotations sous 5 centimètres cubes.			
	α_{578}.	Différences.	α_{436}.	Différences.
0	+54°,0		+105°,8	
		1,7		2,6
3[1]	+52,3		+103,2	
		1,8		3,2
6	+50,5		+100	
		2		3,5
9	+48,5		+ 96,5	
		14,5		29
12	+34		+ 67,5	
		16,8		33,3
15	+17,2		+ 34,2	
		16		31,8
18	+ 1,2		2,4	
18,3	0		0	

Ainsi l'hydrogénation se fait nettement en deux phases; pendant la première, la rotation diminue très peu, de 54° à 48° pour le jaune, de 105° à 96° pour le bleu; cette diminution est d'ailleurs proportionnelle à la quantité d'hydrogène absorbé (1,7, 1,8, 2 pour le jaune; 2,6, 3,2, 3,5 pour le bleu). Pendant la seconde phase, la rotation décroît rapidement et s'annule pour le jaune et le bleu, et ici encore il y a proportionnalité entre cette diminution et le volume de gaz absorbé (14,5, 16,8, 16 pour le jaune; 29, 33,3, 31,8 pour le bleu).

Ces résultats indiquent nettement qu'il se forme un dihydrure $C^{10}H^{18}$ (1).

Propriétés du dihydrure de limonène. — Pour obtenir ce corps, il suffit d'arrêter l'hydrogénation quand on a fixé 2^{at} d'hydrogène par molécule. Le liquide obtenu se comporte comme un corps homogène et bout entre

(1) MM. Sabatier et Senderens ont hydrogéné partiellement le limonène par l'emploi du cuivre (*Annales de Physique et de Chimie*, t. IV, 1905, p. 391).

175° et 177° (non corrigé). Son indice est de $n_D^{18} = 1,4563$, sa densité $d_4^{18} = 0,8246$, sa réfraction moléculaire $\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{M}{d} = 45,52$ au lieu de 45,63 calculé. Ces constantes physiques sont très voisines de celles du carvomenthène; mais ce dernier a toujours été obtenu plus ou moins racémisé. Le dihydrure de limonène fourni par la méthode précédente est au contraire fortement actif $[\alpha]_{578} = +118°$ et $[\alpha]_{436} = +234°$.

Action du brome. — Par l'action du brome on obtient aisément un dérivé dibromé $C^{10}H^{18}Br^2$. Ce corps bout entre 136° et 140° sous 16mm; son indice est $n_D^{21} = 1,5236$, sa densité $d_4^{21} = 1,459$, ce qui donne pour la réfraction moléculaire 62,43 au lieu de 61,78 calculé. Le pouvoir rotatoire est de $[\alpha]_{578} = +49°$, $[\alpha]_{436} = +100°$.

Nitrosochlorure. — Par l'action du nitrite d'amyle et de l'acide chlorhydrique en présence d'acide acétique, on obtient un nitrosochlorure $C^{10}H^{18}NOCl$ fondant à 95°-96°. Ce corps est très actif $[\alpha]_{578} = +344°$ et $[\alpha]_{436} = +724°$. La forme racémique a déjà été obtenue par Wallach (1).

En résumé, l'hydrogénation catalytique du limonène fournit à volonté le dihydrure ou le tétrahydrure. On a ainsi un procédé commode et rapide pour obtenir ce dihydrure non racémisé et par suite ses dérivés, ce que ne donne aucune des méthodes employées jusqu'à ce jour. Enfin je ferai remarquer que cette hydrogénation en deux temps n'est pas spéciale au limonène; je l'ai obtenue avec différents corps possédant plusieurs doubles liaisons et en particulier avec la carvone. Je me réserve d'ailleurs de revenir prochainement sur ce point.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Azométhines dérivées de la phénylisoxazolone.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les composés possédant un groupement méthylénique négatif se condensent, comme l'ont montré Ehrlich et Sachs, avec les paranitrosamines aromatiques, pour donner des *azométhines*. Cette propriété appartient à la *phénylisoxazolone* : j'ai étudié précédemment, en commun avec M. Wahl (*Comptes rendus*, t. 146, p. 639), le produit de sa condensation avec la nitrosodiméthylaniline, lequel est doué de propriétés colorantes intéressantes.

(1) *Annalen der Chemie*, t. 381, p. 59.

J'ai généralisé la réaction, d'abord avec quelques autres nitrosamines cycliques, puis avec des dérivés nitrosés hétérocycliques de la série du pyrazol.

I. La condensation a été effectuée en chauffant, pendant quelques instants, en milieu alcoolique, la phénylisoxazolone avec la quantité équimoléculaire de paranitrosamine aromatique, sans l'emploi de catalyseur. La teinte jaune verdâtre du composé nitrosé fait place à une nuance violet foncé, puis le colorant, peu soluble, se précipite. Le rendement est presque quantitatif.

Ces produits sont peu solubles à froid dans l'alcool, insolubles dans l'eau, assez solubles dans le benzène, l'acétone et l'éther. Les alcalis les décomposent. SO^4H^2 concentré les dissout en violet pourpre, la solution se décolorant par la chaleur ou par addition d'eau.

Leur formule de constitution est la suivante :

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - C \overline{\qquad} C = N - C^6H^4 - N\begin{cases} R \\ R' \end{cases} \\ \quad N \quad\quad CO \\ \qquad\; O \end{array}$$

La *diéthylaminophényliminocétophénylisoxazolone*, $C^{19}H^{19}O^2N^3$, constitue des aiguilles prismatiques gris d'acier [F. 117° (déc.)].

La *méthyléthylaminophényliminocétophénylisoxazolone*, $C^{18}H^{17}O^2N^3$ [F. 143° (déc.)], forme de fines aiguilles noir violacé, à reflets bleuâtres.

La *phénylaminophényliminocétophénylisoxazolone*, $C^{21}H^{15}O^2N^3$ [F. 141°-142° (déc.)] se présente en aiguilles violet noir, à reflets verdâtres.

II. Les *nitrosopyrazols*, obtenus par l'action des hydrazines sur l'isonitrosoacétylacétone (WOLFF, *Annalen*, t. CCCXXV, p. 191), et sur l'isonitrosobenzoylacétone (SACHS et ASLEBEN, *Berichte*, t. XL, p. 664), réagissent également sur la phénylisoxazolone, dans les mêmes conditions. La formule générale des produits obtenus est :

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - C_{3'} \overline{\quad} {}_{4'}C = N - C_{4} \overline{\quad} {}_{3}C - CH^3 \\ \quad N_{2'} \quad {}_{1'} \quad {}_{5'}CO \quad R_2 - C_{5} \quad {}_{1} \quad {}_{2}N \\ \qquad\; O \qquad\qquad\qquad\quad N - R_1 \end{array}$$

$R_1 = H, C^6H^5$,
$R_2 = CH^3$ ou C^6H^5.

Leur coloration varie du rouge clair au brun foncé. Ils sont insolubles

dans l'eau; leurs solutions dans les liquides organiques sont rouge violacé intense. Ils s'hydrolysent facilement; leurs solutions acétiques ou alcooliques diluées se décolorant au bout de quelque temps.

La *diméthyl-3.5-pyrazol-imino-4-cétophénylisoloxazolone*, $C^{14}H^{12}O^{2}N^{4}$ [F. 140° (déc.)], se présente sous la forme de fines aiguilles rouge vermillon, assez solubles dans l'alcool, le benzène, très solubles dans l'éther, l'acétone, le chloroforme ou l'acide acétique. Ce corps se dissout en violet dans les alcalis ou l'ammoniaque alcooliques, la coloration disparaissant rapidement. $SO^{4}H^{2}$ concentré le dissout en rouge foncé, l'addition d'eau décolorant complètement la solution.

La *phényl-1-diméthyl-3.5-pyrazolimino-4-cétophénylisoxazolone*, $C^{20}H^{16}O^{2}N^{4}$ [F. 157° (déc.)], constitue de fines aiguilles brillantes, brun orangé clair; ses solutions sont rouge rubis; peu soluble dans l'alcool, le benzène, ce corps se dissout mieux dans l'acétone ou l'acide acétique, et très bien dans $CHCl^{3}$. La solution dans $SO^{4}H^{2}$ est brun rouge.

La *méthyl-3-phényl-5-pyrazolimino-4-cétophénylisoxazolone*, $C^{19}H^{14}O^{2}N^{4}$ [F. 99° (déc.)] forme de fines aiguilles rouge clair, très solubles dans l'acétone, l'éther ou le $CHCl^{3}$; le composé est peu soluble dans l'alcool et se dissout en rouge rubis dans $SO^{4}H^{2}$.

La *méthyl-3-diphényl-1.5-pyrazolimino-4-cétophénylisoxazolone* $C^{25}H^{18}O^{2}N^{4}$ [F. 143°-144° (déc.)], cristallise en aiguilles rouge brun foncé; peu soluble dans l'alcool; ce corps se dissout bien dans l'éther, le benzène, l'acétone ou le choroforme.

III. On obtient par la condensation de la phénylisoxazolone avec la *nitrosoantipyrine* ou la *nitrosotolypyrine*, de belles lamelles prismatiques, brillantes, rouge écarlate, dont les solutions sont très colorées, et qui ont la formule (I) :

```
        C⁶H⁵—C———C=N—C═══C—CH³
             ‖    |      |    |
(I)          N    CO     OC   N—CH³
              \  /        \  /
               O           N—C⁶H⁵ (ou C⁷H⁷)

        CH³—C———C=N—CH———C—CH³
            ‖    |      |    ‖
(II)        N    CO     OC   N
             \  /        \  /
              N—C⁶H⁵      N—C⁶H⁵
```

L'*antipyryliminocétophénylisoxazolone*, $C^{20}H^{16}O^{3}N^{4}$ [F. 147°-148° (déc.)], est assez soluble dans l'alcool, plus soluble dans le benzène, très soluble dans l'acétone ou le $CHCl^{3}$, très peu dans l'éther. $SO^{4}H^{2}$ concentré la dissout en jaune orangé; l'ad-

dition d'eau précipite le corps primitif, mais, à chaud, il y a redissolution et décoloration. Les alcalis et l'ammoniaque alcooliques donnent une solution rouge pourpre, qui vire au jaune presque aussitôt, par hydrolyse.

La *tolypyryliminocétophénylisoxazolone*, $C^{21}H^{18}O^{3}N^{4}$ [F. 152° (déc.)], possède des propriétés très voisines.

Ces composés présentent une analogie de constitution et de propriétés avec les corps du type de l'*acide rubazonique* de Knorr (II). On peut les envisager comme des acides rubazoniques mixtes, et les comparer en particulier à l'*acide méthylrubazonique* de Pschorr (*Dissert. Iéna*, 1894, p. 26) et de Pröscher (*Berichte*, t. XXXV, p. 1436). On peut aussi les relier à l'*acide purpurique*, en adoptant, pour ce dernier, la formule (III) de Slimmer et Stieglitz (*Amer. ch. J.*, t. XXXI, p. 661). J'ai préparé un terme de comparaison entre les séries purpurique et rubazonique, en condensant, en milieu alcoolique, l'*alloxane* avec l'*aminoantipyrine* (IV) :

$$\text{(III)}\qquad CO\begin{matrix}\diagup NH - CO \diagdown \\ \diagdown NH - CO \diagup\end{matrix}CH - N = C\begin{matrix}\diagup CO - NH \diagdown \\ \diagdown CO - NH \diagup\end{matrix}CO;$$

$$\text{(IV)}\qquad \begin{matrix} CH^3 - N \quad C - CH^3 \\ \boxed{\quad\quad} \\ C^6H^5 - N \quad CO \end{matrix} \gt C - N = C\begin{matrix}\diagup CO - NH \diagdown \\ \diagdown CO - NH \diagup\end{matrix}CO.$$

Cette *uréidindamine* (IV), $C^{15}H^{13}O^{4}N^{5}$ (déc. vers 300°), est une poudre microcristalline violet foncé à reflets bleus, presque insoluble dans les solvants organiques; un peu soluble dans l'eau en rouge pourpre; les alcalis la dissolvent en rouge violet; SO^4H^2 dissout ce corps en jaune. Ce composé s'hydrolyse facilement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Orientation des cristaux liquides par le champ magnétique*. Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. F. Wallerant.

La principale difficulté qu'on rencontre dans l'étude des liquides anisotropes de Lehmann est d'obtenir des portions de matière d'étendue notable présentant une *orientation optique uniforme* en tous leurs points. Je pense avoir trouvé dans l'action du champ magnétique un procédé qui permet de résoudre cette difficulté d'une façon satisfaisante. Avant de décrire mes expériences qui ont porté surtout sur l'azoxyphénétol et sur

l'azoxyanisol, je rappellerai brièvement ce qu'on peut obtenir avec ces corps en dehors de tout champ extérieur.

L'azoxyphénétol cristallisé entre deux lames de verre donne naissance, quand on le chauffe à 138°, à des plages liquides biréfringentes, homogènes, présentant, comme je l'ai montré dans une Note antérieure [1], toutes les propriétés optiques de véritables lames cristallines uniaxes, positives, et dont l'orientation variable est déterminée par l'action de minces pellicules résiduelles que chaque cristal solide, en fondant, laisse sur les lames de verre.

L'étude de l'azoxyanisol, faite dans les mêmes conditions, m'a révélé une particularité fort remarquable. Fondu à 116°, entre des lames de verre nettoyées sans précautions spéciales, ce corps donne des plages analogues à celles qu'on obtient avec l'azoxyphénétol; il prend, au contraire, une *orientation optique uniforme* dans toute la préparation, si l'on opère avec des lames lavées à l'acide sulfurique chaud, l'eau distillée, l'éther, et se comporte alors comme une lame de calcite dont *l'axe optique serait perpendiculaire aux surfaces de verre;* entre nicols croisés, en lumière parallèle, il s'éteint comme s'il était isotrope ; en lumière convergente, il montre la croix noire et les anneaux colorés classiques (signe optique, positif). Il ne semble pas qu'il y ait lieu ici de tenir compte de pellicules résiduelles quelconques ; l'orientation du liquide paraît due à l'action du verre lui-même.

Les lames liquides qu'on prépare ainsi sont malheureusement toujours très minces; j'ai pu, avec beaucoup de peine, obtenir une orientation régulière sur une épaisseur de $0^{mm},2$, mais je ne pense pas qu'on puisse aller notablement plus loin. De plus, si les lames d'azoxyanisol perpendiculaires à l'axe peuvent prendre un diamètre quelconque, les autres plages sont toujours fort exiguës (1^{mm} ou 2^{mm}). L'action du champ magnétique permet, comme on va le voir, d'obtenir beaucoup mieux.

1. *Lames perpendiculaires à l'axe.* — Une lame épaisse (1^{mm} ou 2^{mm}) d'azoxyanisol, fondu entre deux lames de verre *rigoureusement propres*, est placée dans le champ d'un électro-aimant, perpendiculairement aux lignes de force (position 1). Les pièces polaires sont percées d'un canal longitudinal qui permet d'éclairer la préparation avec un faisceau de lumière polarisée, et de l'observer avec un microscope muni d'un analyseur. (Les rayons lumineux ont la direction même des lignes de force.)

---

[1] *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 886.

L'épaisseur de la préparation est trop grande pour que le liquide prenne une structure uniforme sous la seule action des lames de verre. En l'absence du champ magnétique, on aperçoit des régions d'orientation variable, qui présentent entre elles des surfaces de séparation très nettes se déformant constamment dans le liquide en mouvement.

On met le champ (2500 unités environ); le liquide devient homogène; toutes les surfaces de séparation disparaissent. La préparation s'éteint entre les nicols croisés. En lumière convergente, elle montre la croix noire (¹) et les anneaux des uniaxes perpendiculaires à l'axe.

On supprime le champ, la croix et les franges disparaissent, la préparation reprend son aspect primitif. Le phénomène est d'une netteté parfaite.

Sous l'action du champ magnétique, le liquide devient l'équivalent d'une lame cristalline uniaxe épaisse, dont l'axe optique est parallèle aux lignes de force (perpendiculaire aux lames de verre).

2. *Lames parallèles à l'axe.* — On place la même lame épaisse d'azoxyanisol fondu entre deux pièces polaires pleines, parallèlement, cette fois, aux lignes de force (position 2), les observations se faisant dans la direction perpendiculaire (rayons lumineux normaux au champ magnétique) entre deux nicols convenablement orientés.

Comme précédemment, la préparation prend un aspect homogène, dès qu'on établit le champ (2500 unités); elle s'éteint, lorsque les directions de vibration des nicols sont respectivement parallèle et perpendiculaire aux lignes de force, et s'éclaire dans tous les autres cas. En lumière convergente *monochromatique*, on aperçoit deux systèmes d'hyperboles conjuguées, dont les axes sont orientés suivant les directions d'extinction qui viennent d'être définies. Bref, *sous l'action du champ magnétique, le liquide prend toutes les propriétés optiques d'une lame cristalline uniaxe, dont l'axe optique est ici encore dirigé suivant les lignes de force (parallèle aux lames de verre).*

La biréfringence est très élevée. On s'en assure en éclairant la lame avec de la lumière blanche (nicols en croix, à 45° des lignes de force) et analysant le faisceau émergent avec un prisme de Hilger. On obtient un spectre avec un très grand nombre de cannelures qui se resserrent nettement dans le violet.

(¹) Le dispositif employé n'est pas assez sensible pour permettre de reconnaître s'il y a une faible polarisation rotatoire magnétique.

Si l'on augmente l'intensité du champ magnétique, la biréfringence paraît croître jusqu'au champ de 5000 unités, pour rester ensuite à peu près constante dans les champs de 5000 à 7000.

Naturellement, lorsqu'on supprime le champ, l'orientation régulière du liquide disparaît.

3. *Orientation simultanée par les lames de verre et par le champ magnétique.* — L'expérience qui précède (position 2) peut être répétée avec une lame d'azoxyanisol de $0^{mm},01$, suffisamment mince par conséquent pour être orientée par les lames de verre. En l'absence du champ magnétique, on aperçoit la croix noire et les anneaux des uniaxes. On ferme le courant sur l'électro-aimant: la croix et les anneaux se déplacent alors vers un bord ou l'autre du champ du microscope dans la direction des lignes de force en se déformant légèrement. La lame, *orientée à la fois par le verre et le champ magnétique*, peut être assimilée, au moins en première approximation, à une lame uniaxe oblique sur l'axe.

L'axe optique s'incline de plus en plus lorsqu'on fait croître l'intensité du champ magnétique, mais il n'est pas encore parallèle aux lignes de force dans un champ de 7000 unités. Quand on supprime le courant, l'axe optique reprend sa position primitive.

4. *Action simultanée du champ et des pellicules résiduelles.* — Une lame d'azoxyphénétol, présentant des plages différemment orientées par les pellicules résiduelles adhérentes aux lames de verre, est placée dans la position 1, entre les pièces polaires percées. Avant l'établissement du champ magnétique, les retards optiques introduits par chaque plage sont assez élevés pour donner du blanc d'ordre supérieur. Dès qu'on ferme le courant, sur l'électro-aimant, apparaissent les teintes colorées de l'échelle de Newton qui passent les unes après les autres; lorsqu'on fait croître l'intensité du champ magnétique, les retards diminuent de plus en plus, sans qu'on arrive toutefois au retard nul. *On obtient ces teintes aussi bien avec une lame de* $0^{mm},01$, *qu'avec une lame de* 1^{mm}.

Tout se passe exactement comme si la masse liquide s'orientait dans la direction du champ magnétique donnant l'équivalent d'une lame perpendiculaire à l'axe, sauf dans une mince couche au voisinage du verre, où l'action des pellicules serait assez énergique pour contrebalancer celle du champ magnétique.

Les phénomènes sont ici un peu moins simples qu'avec l'azoxyanisol

entre verres rigoureusement propres, mais encore d'une interprétation facile.

BOTANIQUE. — *Sur un nouvel organe différencié du thalle des Mucorinées.* Note de M. **Fernand Guéguen**, présentée par M. Guignard.

Dans une précédente Note [1] j'ai signalé la présence, chez le *Mucor sphærosporus* Hagem (forme du M. *racemosus* Fres.) de véritables sclérotes constitués par un agrégat de chlamydospores. Au cours de recherches morphologiques sur diverses Mucorinées pathogènes communiquées par M. Lucet, j'ai reconnu l'existence, sur le mycélium d'une espèce nouvelle de *Mucor*, d'organes particuliers non décrits jusqu'à présent. Ces organes existent, avec des aspects quelque peu différents, dans les cultures développées sur tous les milieux solides et dans les thalles formant voile à la surface des milieux liquides.

Morphologie. — Sur gélatine en cellules, ils apparaissent vers le quatrième jour à + 22°, alors que les sporanges sont déjà nombreux. Ce sont des rameaux dilatés, tantôt terminaux, tantôt émanés d'un point quelconque du mycélium ou même d'un pédicelle sporangial. L'extrémité de ces formations se renfle peu à peu en ampoule oblongue, émettant çà et là, surtout vers sa base d'insertion, des prolongements digités ou falciformes simples ou rameux. Le tout, séparé du thalle par une cloison, prend ordinairement par la suite quelques septums inégalement espacés; la paroi des loges ainsi formées demeure quelquefois mince, mais le plus souvent s'épaissit fortement. L'organe renferme des globules oléagineux d'abord ténus, puis de plus en plus volumineux.

Dans les cultures en grande surface (carotte, pomme de terre, topinambour, voiles des milieux liquides) qui permettent une végétation plus prolongée, ces formations, d'abord identiques à celles qui viennent d'être décrites, se renflent fortement dans toutes leurs parties, et constituent de véritables tubercules parfois très gros (jusqu'à $100 \times 50^{\mu}$-60^{μ}) pourvus de lobes compliqués; elles sont alors visibles à l'œil nu dans le mycélium aérien et contre la paroi des tubes de culture, sous forme d'un pointillé jaunâtre comparable à du sable fin.

Évolution cytologique. — L'étude cytologique de ces organes, surtout

---

[1] F. Guéguen, *Sur l'existence de sclérotes chez une Mucorinée* (*Comptes rendus*, séance du 15 novembre 1909).

dans les stades avancés, est rendue fort difficile par l'abondance des inclusions protoplasmiques et par l'affinité de la membrane pour la plupart des colorants nucléaires. On y observe au début, comme dans le reste du thalle, un protoplasme homogène, puis réticulé, parsemé de nombreux noyaux arrondis et de corpuscules métachromatiques occupant les nœuds du réseau de cytoplasme. Commençant à se renfler avant même l'apparition de la cloison séparatrice, ces organes sont d'abord le siège d'une évidente prolifération nucléaire; les gouttes d'huile s'y montrent plus serrées que dans le thalle et leur communiquent une réfringence particulière. La segmentation en articles inégaux est bientôt suivie d'un fusionnement des gouttes huileuses, qui forment alors de gros globules d'un jaune pâle; les noyaux semblent être progressivement remplacés par des amas de fins granules ne pouvant plus être distingués des corpuscules métachromatiques. Dans les cultures sur topinambour et sur carotte, en particulier, la paroi épaisse se colore par la solution de Gram en violet rougeâtre pâle, ainsi que les cordons protoplasmiques de certaines régions du thalle; parmi les globules huileux, on voit quelques corps arrondis que l'iode colore en violet rouge. Il s'agit, dans ces divers cas, d'hydrates de carbone voisins du glycogène, des dextrines et de l'amidon. J'ai pu quelquefois mettre en évidence, au milieu des autres inclusions, des sortes de trabécules en forme de cylindres ramifiés, libres ou fixés par la base, se colorant comme la membrane dont ils ne sont probablement qu'une dépendance.

Signification physiologique. — Ces organes ne paraissent pas devoir être assimilés à des chlamydospores, comme je l'avais d'abord pensé. Ils s'en différencient par leur localisation très particulière, leurs énormes dimensions et leur évolution. En transportant sur milieux neufs ces organes arrivés à leur complet développement, je n'ai pu en obtenir la germination, ce qui ne doit pas surprendre étant donnée la régression dont ils sont le siège. Il est possible qu'à leur stade le plus évolué, on doive les considérer comme des organes d'élimination de certains produits de l'activité fonctionnelle du champignon.

BOTANIQUE. — *Sur diverses méthodes de pathologie et de thérapeutique végétales.* Note de M. **A. Prunet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude de l'évolution des parasites des plantes dans les conditions naturelles de leur développement est encore fort peu avancée. Elle présente des

difficultés expérimentales et lorsqu'on cherche à remplacer les inductions vagues par des notions précises, on se heurte bien souvent à des obstacles qui paraissent insurmontables.

Les méthodes suivantes que j'ai utilisées pour l'étude de diverses maladies parasitaires fournissent des précisions importantes.

I. *Méthode par préservations échelonnées*. — J'ai employé cette méthode pour l'étude du Black Rot de la Vigne en plein vignoble dans les conditions ordinaires de la culture.

Chaque année, dès que les jeunes pousses de la Vigne commençaient à porter quelques feuilles, des parcelles composées de un ou plusieurs rangs de ceps étaient traitées à la bouillie bordelaise à raison d'une parcelle tous les jours ou tous les deux jours, suivant les cas. En 1899, la première parcelle fut traitée le 17 avril, la deuxième le 19, la troisième le 21, la quatrième le 23, et ainsi de suite. La première invasion, c'est-à-dire la première apparition de taches de Black Rot commença le 16 mai. A cette date, chacune des parcelles en expérience avait reçu un traitement, et les traitements des diverses parcelles étaient échelonnés à 2 jours d'intervalle, du 17 avril au 16 mai.

Les parcelles traitées du 19 au 25 avril furent entièrement préservées; celles qui avaient été traitées avant le 19 ou après le 25 participèrent plus ou moins à l'invasion.

Les parcelles traitées du 19 au 25 avril étaient restées indemnes parce qu'elles avaient été traitées avant d'être contaminées, c'est-à-dire avant que le tube germinatif des spores eût suffisamment pénétré dans les feuilles pour être à l'abri des bouillies cupriques. Les parcelles traitées après le 25 présentaient des taches de Black Rot parce que la bouillie avait été répandue après la contamination. Le 25 la contamination n'avait pas encore eu lieu, elle était accomplie le 27; on peut donc fixer au 26 avril le début de la contamination.

Il était procédé de même pour toutes les invasions.

Cette méthode permet de connaître pour chaque invasion :

1° La date de la contamination; 2° la durée de la période de développement non apparent de la maladie ou *période d'incubation*, mesurée par l'intervalle qui s'écoule entre le début de la contamination et le début de l'invasion (du 26 avril au 16 mai dans l'exemple rapporté).

Pour compléter ces données, je relevais : 1° la durée de l'invasion; 2° le temps nécessaire à la formation des fructifications sur les taches de Black Rot.

Les divers stades de l'évolution du parasite dans sa plante nourricière étant ainsi datés et délimités, il m'a été possible, grâce aux instruments météorologiques enregistreurs placés dans le vignoble, de déterminer le rôle des facteurs atmosphériques dans chacun de ces stades et en particulier

leur rôle dans la contamination et, par suite, dans les invasions dont la connaissance présentait un grand intérêt pratique.

Cette méthode m'a, en outre, permis de fournir la première démonstration de l'existence d'une *période favorable* à limites précises précédant immédiatement la contamination pendant laquelle les traitements sont entièrement efficaces et en dehors de laquelle ils ne donnent que des résultats partiels ou même nuls. Cette période s'est étendue du 19 au 26 avril dans l'exemple cité.

La connaissance de la période favorable a expliqué les résultats contradictoires longtemps obtenus dans le traitement du Black Rot et a permis de démontrer l'efficacité des sels cupriques que ces contradictions avaient rendue douteuse (¹).

La méthode est d'application générale. Elle permet d'apprécier la véritable valeur des substances anticryptogamiques ou insecticides susceptibles d'être utilisées contre les diverses maladies, et de déterminer pour chaque maladie la période favorable, et, par suite, de préciser les conditions que doivent remplir les traitements pour être efficaces. Depuis que j'en ai fait connaître les bases (²), elle a été utilisée pour la recherche des périodes favorables dans le traitement du Mildiou, en Champagne et en Gironde, et dans le traitement de la Cochylis, par MM. Capus et Feyteau, en Gironde.

II. *Méthode par expositions échelonnées.* — Je l'ai employée ainsi que la suivante pour des recherches sur la Rouille du Blé due au *Puccinia triticina* Erikss., dans lesquelles la première méthode n'était pas applicable en raison de l'impuissance des bouillies cupriques à enrayer complètement la maladie.

Le Blé était cultivé en pots dans une grande serre du Jardin botanique de Toulouse. Deux ou trois pots étaient chaque jour transportés au dehors dans un terrain où se trouvaient des Blés fortement rouillés. Lorsqu'une invasion de Rouille se manifestait, elle ne frappait que les potées qui étaient dehors au moment de la contamination. La date de la contamination se trouvait ainsi indiquée et la durée de l'incubation établie.

Cette méthode m'a permis de constater que les contaminations coïncident toujours avec des pluies ou des brouillards intenses. Si l'on rapproche ce fait de cet autre que j'ai également constaté, que la maladie forme toujours au début, dans les champs de Blé, des foyers à extension centrifuge, il apparaît que la propagation de cette maladie ne diffère pas de celle des maladies cryptogamiques à contamination d'origine externe.

(¹) *Revue de Viticulture*, t. XIII, 1900; *Comptes rendus*, 5 mai 1902; *Annales de la Société d'Agriculture de la Gironde*, 1905; etc.

(²) *Revue de Viticulture*, t. XIII, 12 mai 1900, p. 525.

III. *Méthode par mises à l'abri échelonnées.* — Elle est inverse de la précédente et en constitue comme une vérification. Les pots renfermant le Blé étaient tous placés dès le début dans le terrain d'expérience et deux ou trois d'entre eux étaient rentrés chaque jour dans une serre. Dans le cas de périodes pluvieuses d'une certaine durée, cette méthode permet de déterminer la part qui revient à chaque jour de pluie dans l'invasion qui se manifeste par la suite.

Les méthodes que je viens de décrire permettent de déterminer avec précision les principaux stades de l'évolution des parasites et le rôle que jouent dans chacun d'eux les divers facteurs atmosphériques. Elles fournissent une base solide aux recherches de thérapeutique végétale.

BOTANIQUE. — *Sur la classification des Lucumées à radicule punctiforme.* Note (¹) de M. **Marcel Dubard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note (²), j'ai esquissé à grands traits la classification des Sapotacées du groupe des Sideroxylées, et j'ai montré, en particulier, que les caractères dominants, sur lesquels on peut baser les meilleures subdivisions, sont fournis par la graine et résultent de la disposition de la cicatrice à la surface du tégument séminal et de l'aspect punctiforme ou saillant de la caudicule.

La sous-tribu des Lucumées est définie par une graine où la cicatrice s'étend d'un pôle à l'autre, tantôt étroite, tantôt, au contraire, très large, et pouvant même envahir les trois quarts de la surface tégumentaire. On peut distinguer dans ce groupe deux séries de genres, l'une où la graine est à caudicule allongée et dont nous avons étudié précédemment le genre central *Planchonella* (³), l'autre où la caudicule est punctiforme; dans cette deuxième série, l'albumen est nul ou très réduit et les cotylédons sont épais, charnus et bourrés de réserves de nature amylacée ou oléagineuse, dont l'abondance relative varie suivant les genres.

Le genre fondamental de ce groupe est le genre *Lucuma*, qui est assez

(¹) Présentée dans la séance du 6 juin 1911.

(²) Marcel Dubard, *Remarques sur la classification des Sidéroxylées* (*Comptes rendus*, 13 février 1911).

(³) Marcel Dubard, *Sur le genre* Planchonella, *ses affinités et sa répartition géographique* (*Comptes rendus*, 20 mars 1911).

bien défini dans son ensemble par la pentamérie ou l'hexamérie de la fleur, en ce qui concerne tout au moins la corolle et l'androcée.

Il a été divisé par Engler (¹) en quinze sections, y compris l'ancien genre *Vitellaria*, sections qui correspondent pour la plupart à d'anciens genres créés par divers auteurs. Cette simple juxtaposition aboutit à un fractionnement compliqué et manquant d'homogénéité, car toutes les sections ne découlent pas d'une conception identique ; d'autre part, un certain nombre de formes rapportées encore aujourd'hui au genre *Sideroxylon* doivent, à cause de la constitution de leurs graines, figurer parmi les *Lucuma*. Nous pensons avoir à la fois simplifié et précisé cette classification en admettant les coupures suivantes :

Tout d'abord, nous extrayons du genre *Lucuma*, pris au sens large, quelques espèces, chez lesquelles le calice, au lieu d'être formé par un verticille de cinq pièces à disposition quinconciale, en comprend un plus grand nombre, échelonnées le long d'une spirale, et nous en faisons le genre *Calocarpum*, qui appartient entièrement à l'Amérique tropicale.

Dans le genre *Lucuma* proprement dit, les espèces peuvent se grouper en deux séries; pour la première A, l'ovaire est du type 5 au moins, comme les autres verticilles floraux; dans la seconde B, il y a, au contraire, une forte réduction du nombre des carpelles qui s'abaisse à 2 ou à 1.

Série A. — La section la plus importante (*Antholucuma*) renferme des espèces qui correspondent à l'une des formules florales :

$$4S + (6P + 6\varepsilon + 6E) + 6C \text{ ou } 5S + (5P + 5\varepsilon + 5E) + 5C.$$

Les loges ovariennes y sont situées vers le haut de l'ovaire; la cicatrice de la graine est large et recouvre à peu près la moitié de la surface tégumentaire. Ce groupe appartient à l'Amérique tropicale; il est très largement représenté aux Antilles.

A côté se placent trois autres sections : chez les *Gayella*, le type floral est à peu près constamment pentamère pour tous les verticilles, mais les loges ovariennes sont situées très bas; la feuille présente des nervures intermédiaires parallèles aux costales, tandis que chez les *Antholucuma* la nervation tertiaire est sensiblement transversale par rapport aux costales; les *Gayella* se trouvent au Brésil et au Chili.

Chez les *Fontbrunea*, le type floral est encore pentamère pour tous les verticilles, mais l'organisation de la graine, à cicatrice oblongue, étroite, pourvue d'un reste d'albumen et l'existence d'un disque hispide autour de l'ovaire manifestent une tendance vers les *Planchonella;* cette affinité est soulignée par la répartition géographique, car les deux groupes sont indo-malais.

Les *Epiluma* s'écartent encore peu du type 5; mais, ce qui les caractérise surtout,

(¹) ENGLER, *Die naturl. Pflanzenf*, *Nachträge*.

c'est l'adhérence de la graine avec le péricarpe presque sur toute la surface tégumentaire; une étroite bande dorsale reste seule libre; c'est une disposition qui rappelle ce qu'on trouve dans le genre américain *Labatia* (Nouvelle-Calédonie, Australie).

Série B. — La section *Podoluma* est caractérisée par un ovaire à 2 carpelles, dans lesquels les ovules sont insérés très bas sur l'axe (Brésil).

Chez les *Franchetella*, l'ovaire est généralement uniloculaire et se trouve enfoncé dans un disque cupuliforme très net; l'ovule est pendu à l'extrémité d'un long funicule qui part de la base de la cavité ovarienne (Brésil).

Enfin les *Eremoluma* forment en quelque sorte transition entre les deux groupes précédents; l'ovaire y est en effet uniloculaire, mais sans disque, et l'ovule est inséré comme chez les *Podoluma;* les étamines se détachent du tube de la corolle plus bas que les staminodes.

A côté des *Lucuma* se rangent deux genres, les *Pouteria* et *Labatia*, exclusivement américains et caractérisés par la tétramérie de la fleur, qui répond à la formule $4S + (4P + 4\varepsilon + 4E) + 4C$, et par l'insertion des étamines vers le milieu du tube de la corolle.

La section *Paralabatia* du genre *Pouteria* est intéressante à signaler comme formant transition aux *Lucuma*, d'une part, par la pentamérie fréquente de la fleur et aux *Labatia*, d'autre part, par la grande surface d'adhérence de la graine avec le péricarpe. Le genre *Labatia* est d'ailleurs très proche des *Pouteria*, dont il a l'organisation tétramère, mais il s'en distingue surtout par le développement considérable de la cicatrice séminale.

A côté des groupes précédents, nous trouvons toute une série de formes africaines, qui ont été réparties à tort par les auteurs dans des genres assez nombreux. Ceux-ci ne diffèrent entre eux que par des caractères très secondaires, tels que la soudure plus ou moins accentuée des sépales à la base, la longueur plus ou moins considérable des filets staminaux, le plus ou moins de développement des staminodes, caractères qui varient parfois largement dans une même espèce. Les limites de ces genres étant fort imprécises et les termes de transition nombreux, nous avons cru devoir réunir toutes ces espèces, qui sont en somme très voisines des *Antholucuma*, en un genre unique, *Bakeriella* (Afrique occidentale, Zanzibar).

Nous avons cependant maintenu le genre *Butyrospermum*, à cause de son organisation florale du type 8 et de la grandeur exceptionnelle de ses staminodes, qui sont véritablement foliacés.

En résumé : 1° Au point de vue de la répartition géographique, le groupe que nous considérons appartient en majeure partie à l'Amérique tropicale; il est cependant représenté en Afrique par les genres *Bakeriella* et *Butyrospermum*, en Indo-Malaisie par la section *Fontbrunea* du genre *Lucuma*, for-

mant transition vers les *Planchonella*, en Australie et en Nouvelle-Calédonie par la section *Epiluma*.

2° Le type floral est variable, depuis l'octomérie des *Butyrospermum* jusqu'à la tétramérie des *Pouteria* et des *Labatia;* mais c'est le type pentamère qui est le plus normal dans le groupe, au moins pour les verticilles extérieurs à l'ovaire.

3° Ce groupe se relie aux Lucumées à radicule longue par l'intermédiaire des *Fontbrunea*, qui rappellent les *Planchonella*, et par les *Gayella,* qui ont certains caractères des *Micropholis* américains.

D'autre part, la relation avec les Eusideroxylées se fait par les *Bumelia*, qui ont une graine exalbuminée, avec embryon à cotylédons épais et caudicule courte; ces *Bumelia*, par l'intermédiaire des *Dipholis*, forment le trait d'union avec les vrais *Sideroxylon*.

BOTANIQUE. — *Deux espèces nouvelles de* Nostoc *provenant de la région antarctique sud-américaine.* Note de M. **L. Gain**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours de la « Deuxième Expédition antarctique française (1908-1910) », effectuée par le *Pourquoi-Pas?* j'ai pu me rendre compte que la flore algologique terrestre était plus importante qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. Malgré le climat rude qui règne dans ces régions glacées australes, où pendant l'été la moyenne mensuelle de la température reste inférieure à + 1° C., l'on trouve parmi les mousses et en des lieux humides où coule l'eau provenant de la fonte des neiges, toute une flore microscopique, peu variée, il est vrai, mais dont j'ai pu cependant identifier une vingtaine d'espèces : parmi celles-ci les *Cyanophycées* et *Desmidiées* dominent.

Ce sont deux *Nostoc* nouveaux, sur les trois recueillis, qui font l'objet de cette Note.

I. *Nostoc Borneti,* n. sp.

Thallis globosis, minutissimis, usque ad 350^{μ}-400^{μ} diam., solidis, lævibus, viridi-cærulescentibus, solitariis vel initio interdum aggregatis, peridermatibus firmis, tenacibus; filis dense implicatis, flexuoso-contortis in gelatina hyalina; vaginis indistinctis, trichomatibus 3^{μ}-4^{μ} crassis, articulis globosis vel sphærico-compressis; heterocystis 5^{μ} crassis, globosis vel ellipsoideis; sporis subovalibus $5^{\mu},5$ longis.

J'ai trouvé cette espèce à l'intérieur du cercle polaire, sur l'île Jenny,

par 68° environ de latitude Sud. Ses colonies étaient en assez grand nombre et de toutes les dimensions depuis quelques dizaines de μ jusqu'à $\frac{3}{10}$ et $\frac{4}{10}$ de millimètre, parmi les mousses, en des lieux humides.

Les trichômes sont assez courts, enchevêtrés les uns dans les autres, formant une masse dense dans une gelée hyaline, consistante, à contours nettement limités. Les gaines des trichômes sont invisibles.

Les cellules végétatives, sphériques, de 3^{μ} à 4^{μ} de diamètre, sont d'un vert bleuté pâle.

Les hétérocystes, plus clairs, ont environ 5^{μ}.

Les spores sont légèrement elliptiques, ayant 5^{μ} à 6^{μ} de longueur.

A côté des colonies sphériques, j'ai trouvé de très nombreux filaments courts composés de quelques cellules (10 à 15 au maximum) englobées dans une gaine d'une épaisseur inférieure à 1^{μ}, gaine épousant le contour des cellules, très nettement limitée sur sa face externe.

Ces filaments sont-ils des hormogonies dues à la dissociation de vieilles colonies du *Nostoc*, ou bien encore le produit de la germination de spores ou de kystes? Je n'ai pu trouver les termes de passage me permettant d'admettre l'une ou l'autre de ces hypothèses.

Les plus jeunes de ces hormogonies doivent se trouver au stade où les divisions transversales ont cessé, les cellules extrêmes se transformant en hétérocystes, le chapelet entier s'étant entouré d'une gaine qui se développera peu à peu au fur et à mesure de l'augmentation en volume de la colonie, pour devenir la masse gélatineuse sphérique qui englobera les trichômes de la colonie adulte.

Comme l'a fort bien décrit M. Sauvageau pour le *Nostoc punctiforme* (¹), ces hormogonies, dans leur développement ultérieur, offrent les mêmes caractères de division. Les cellules intercalaires s'élargissent jusqu'à doubler de largeur, puis chacune se divise suivant un plan perpendiculaire en deux moitiés placées côte à côte, et l'on trouve entre les différentes cellules ainsi formées des liens de continuité qui les unissent les unes aux autres et qui permettent la communication protoplasmique.

J'ai trouvé certaines hormogonies chez lesquelles l'ensemble des cellules comprises entre les hétérocystes ne se divise pas toujours simultanément. Chez d'autres, il semble se former des kystes; certaines cellules s'élargissent comme les autres, mais ne se divisent pas : parfois la masse protoplasmique

---

(¹) C. Sauvageau, *Sur le Nostoc punctiforme* (*Ann. des Sc. nat.*, 8e série, t. III, 1897, p. 367 et suiv.).

s'est échappée par rupture de la gaine et a laissé son empreinte sur la face interne de celle-ci. Parfois encore, une cellule intercalaire de l'hormogonie se transforme en hétérocyste.

Enfin, j'ai rencontré des passages entre ces hormogonies et la colonie sphérique.

C'est dans la section des *Pruniformia* Born. et Flah. qu'il faut faire rentrer ce nouveau *Nostoc*. Il est voisin du *N. caeruleum* Lyngbye dont il se rapproche par son aspect globuleux, ferme, sa gelée transparente, son contour net et poli, ses trichômes denses, sinueux, par leurs gaines indistinctes.

Mais il en diffère par la taille de ses éléments qui sont plus petits. Tandis que le *N. caeruleum* atteint jusqu'à 5^{mm} et 6^{mm} de diamètre, celui-ci n'arrive pas à $\frac{5}{10}$ de millimètre. Chez le *N. caeruleum* les éléments du trichôme, légèrement allongés, ont de 5^{μ} à 7^{μ}, les hétérocystes de 8^{μ} à 10^{μ}, les spores sont inconnues; chez le *Nostoc* antarctique les éléments du trichôme globuleux, ont de 3^{μ} à 4^{μ}, les hétérocystes 5^{μ}, les spores sont connues.

Il ne peut être confondu avec le *N. minutissimum*, dont les éléments du trichome n'ont que de 1^{μ} à $1^{\mu},5$.

J'ai nommé ce *Nostoc, N. Borneti*, en l'honneur du Dr Bornet, membre de l'Institut, en témoignage de profonde reconnaissance.

II. *Nostoc pachydermaticum*, n. sp.

Thallo parvulo, solido, globoso, fuscescente, filis laxe intricatis, flexuoso-curvatis, subrectis; vaginis distinctis, amplis, mesentericis, fuscescentibus, 13^{μ}-16^{μ} crassis; articulis ellipticis, $2^{\mu},5^{\mu}$-3^{μ} crassis, 4^{μ}-5^{μ} longis, fuscis, plus minusve laxe connexis; heterocystis subsphæricis, 5^{μ}-6^{μ} crassis. Sporis ignotis.

Je n'ai malheureusement trouvé qu'un exemplaire de cette nouvelle et curieuse espèce. Il se trouvait parmi les mousses et les autres algues recueillies sur l'île Jenny, en janvier 1909.

La colonie est sphérique, globuleuse, à membrane lisse; elle a un diamètre de $\frac{6}{10}$ de millimètre. Peut-être n'est-ce qu'une colonie encore jeune, et de ce seul individu on ne peut en déduire la forme exacte et la dimension de l'espèce.

La gelée est teintée en jaune brunâtre : dans celle-ci on aperçoit nettement et dans toute sa masse, les gaines des trichômes légèrement plus foncées. Ces gaines, d'une épaisseur moyenne de 13^{μ} à 16^{μ}, présentent des bosselures et des étranglements assez régulièrement disposés, correspondant chacun à un article des trichômes (ces caractères se voient très nettement après coloration de la colonie pendant 48 heures, dans le Bleu Marine).

Les articles, brunâtres, sont elliptiques, épais de $2^{\mu},5$ à 3^{μ}, longs de 4^{μ} à 5^{μ}; ils sont assez lâches et la plupart encore en voie de division. Les hétérocystes, isolés, sphériques ou légèrement comprimés, mesurent de 5^{μ} à 6^{μ}. Les trichômes sont peu sinueux.

On peut faire rentrer ce *Nostoc* dans la section des *Communia* Born. et Flah., au voisinage du *Nostoc commune* Vaucher.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La méliatine, nouveau glucoside, hydrolysable par l'émulsine, retiré du Trèfle d'eau.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

Le Trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata* L.) est une plante vivace dont l'emploi en médecine populaire remonte à de longues années.

En appliquant à la plante fraîche la méthode biochimique de M. Bourquelot [1], j'ai pu y déceler la présence d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine.

L'essai, qui a été le point de départ des recherches sur ce sujet, a donné les résultats consignés dans le Tableau ci-dessous; ils se rapportent à un extrait liquide, aqueux, dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^{g} de plante fraîche.

	Rotation du liquide $l = 2$.	Sucres réducteurs exprimés en glucose. contenus dans 100^{cm^3}.	formés pour 100^{g} de plantes.
Avant l'essai	-2°	$0^{g},686$	»
Après l'action de l'invertine	$-4°10'$	2,143	$1^{g},457$ pour recul de 130'
Après l'action de l'émulsine	$-2°33'$	2,602	$0^{g},459$ pour retour de 97'

Sans s'arrêter à l'action que produit l'invertine, on voit que, sous l'action de l'émulsine, il y a eu retour de la déviation vers la droite, avec formation de sucre réducteur. Le Trèfle d'eau renferme donc un glucoside hydrolysable par l'émulsine.

Préparation du glucoside. — Dans le but de l'extraire, on a traité, en une fois, 23^{kg} de Ményanthe frais, récolté le 30 septembre aux environs de Blois. On s'est servi

[1] *Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 690.

pour cela de l'appareil de MM. Bourquelot et Hérissey [1]; ce qui a permis de stériliser, en quelques heures, par l'alcool bouillant, la totalité de la plante.

Après ce traitement, on a distillé l'alcool et concentré, sous pression réduite, le liquide résiduel en consistance sirupeuse. Par addition d'alcool fort, on a déterminé la formation d'un abondant précipité qu'on a séparé par décantation. On a évaporé à sec le liquide décanté. On a traité l'extrait par l'alcool à 95° bouillant; on a évaporé les liqueurs alcooliques et l'on a épuisé le nouvel extrait par l'acétone à l'ébullition. On a éliminé l'acétone par distillation et repris le résidu par l'eau. La solution aqueuse, filtrée, a été évaporée, sous pression réduite, ce qui a donné un extrait peu coloré que l'on a traité par l'alcool absolu bouillant : le glucoside a cristallisé par refroidissement. On l'a purifié par des cristallisations successives dans l'eau, dans l'acétone, dans l'alcool absolu, puis finalement, de nouveau dans l'eau.

Le rendement a été de 30^g environ pour les 23^{kg} mis en œuvre.

Propriétés physiques. — Ce glucoside, que nous proposons d'appeler *méliatine*, est un corps cristallisé, blanc, inodore, et doué d'une saveur amère assez prononcée, saveur qui ne se développe qu'après quelques instants.

La méliatine cristallise anhydre, aussi bien dans l'alcool absolu que dans l'eau. Elle fond, au bloc Maquenne, à $+223°$; au tube capillaire, elle fond à $+222°$ (corr.).

Elle est lévogyre et son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, a été trouvé égal à $\alpha_D = -81°,96$.

Propriétés chimiques. — En solution aqueuse, la méliatine ne réduit pas la liqueur de Fehling, à l'ébullition; elle n'est pas précipitée de sa solution ni par l'acide gallique, ni par le tanin.

Elle est hydrolysée par l'émulsine : une solution renfermant $2^g,4666$ de méliatine pour 100^{cm^3}, et accusant une rotation de $-3°56'$, accusait une rotation de $+1°6'$, après avoir subi pendant six jours l'action du ferment. Elle renfermait alors $1^g,2086$ de sucre réducteur, ce qui donne, pour la méliatine, un indice de réduction de 240 [2]. La quantité de sucre réducteur produit correspond à une proportion de 49 pour 100. Sous l'influence de l'émulsine, la solution d'abord incolore a pris peu à peu une belle teinte bleu verdâtre.

---

(1) Em. Bourquelot et H. Hérissey. *Appareil destiné au traitement des plantes fraîches par l'alcool bouillant* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. III, 1911, p. 145).

(2) Em. Bourquelot, *Nouvelle contribution à la méthode biochimique de recherche, dans les végétaux, des glucosides hydrolysables par l'émulsine; son application à l'étude des plantes employées en médecine populaire* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. II, 1910, p. 241).

Pour isoler le sucre qui se forme sous l'action de l'émulsine, on a hydrolysé, avec 1^g de ferment, 6^g de méliatine dissous dans 500^{cm^3} d'eau. L'action était terminée en quatre jours. On a filtré et l'on a évaporé le liquide à sec. On a épuisé par le chloroforme qui ne dissout pas la matière sucrée et l'on a repris le résidu par l'alcool absolu bouillant. En quelques jours, le sucre s'est déposé sous forme de cristaux légèrement colorés en bleu; on les a recueillis, séchés et repris, à l'ébullition, par de l'alcool absolu, en présence de noir animal. On a filtré la liqueur bouillante, et, par refroidissement, le sucre a cristallisé à l'état pur, en petits prismes allongés. On a recueilli les cristaux et on les a séchés à l'air.

Ce corps était dextrogyre, doué de multirotation, et possédait un pouvoir rotatoire stable :

$$\alpha_D = +52^\circ,41$$
$$(p = 0^g,2194; \quad v = 15; \quad l = 2; \quad \alpha = +1^\circ 32').$$

La solution, examinée de suite, avait une rotation de $+2^\circ 52'$, ce qui correspond à un pouvoir rotatoire : $\alpha_D = +97^\circ,9$.

La méliatine fournit donc du glucose-*d* par hydrolyse au moyen de l'émulsine.

La méliatine n'est pas azotée. L'analyse organique et l'essai cryoscopique permettent de proposer la formule $C^{15}H^{22}O^9$.

Si l'on suppose que la méliatine ne donne, en dehors du glucose, qu'un seul produit de dédoublement, on pourra écrire l'équation de son dédoublement de la façon suivante :

$$C^{15}H^{22}O^9 + H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^9H^{12}O^3.$$

En calculant, d'après cette équation et le pouvoir rotatoire, l'indice de réduction enzymolytique, on trouve 238, chiffre très rapproché de celui qu'on obtient par l'expérience, 240.

Cette équation montre, en outre, que l'hydrolyse totale doit fournir 52,02 de glucose pour 100.

En résumé, à l'aide de la méthode biochimique à l'invertine et à l'émulsine, on a pu établir l'existence, dans le Trèfle d'eau, d'un glucoside qui a été, par la suite, obtenu à l'état cristallisé.

Ce glucoside nouveau répond, comme on l'a vu, à la règle formulée par M. Bourquelot, à savoir que « tous les glucosides, dédoublables par l'émulsine, sont lévogyres et dérivent du glucose-*d* » [1].

---

[1] E. Bourquelot, *Sur l'emploi des enzymes comme réactifs dans les recherches de laboratoire* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6ᵉ série, t. XXV, 1907, p. 378).

MYCOLOGIE. — *Germination* in vivo *des spores d'*A. niger *et d'*A. fumigatus. Note de M. **B. Sauton**, présentée par M. E. Roux.

L'inoculation intraveineuse de spores d'*Aspergillus fumigatus* à un pigeon détermine la mort de l'animal en 3 à 4 jours. D'après l'hypothèse de Pinoy, les spores germeraient *in vivo* à la faveur d'une substance toxique qui les protégerait contre l'action destructrice de l'organisme. La mort de l'animal surviendrait ensuite, attribuable selon Kotliar (1), Renon (2), etc. uniquement au développement du mycélium dans les organes, et selon Ceni et Besta (3), Bodin et Gautier (4), etc., à l'action d'une toxine, qui aurait été mise en évidence dans les liquides de culture de l'*A. fumigatus*. D'après Macé (5), les spores agiraient comme corps solide déterminant un traumatisme local et aussi par un poison qu'elles contiennent.

Pour étudier la valeur de ces diverses interprétations, j'ai effectué l'expérience suivante :

Le mycélium bien sporulé d'une culture d'*A. fumigatus* est agité pendant 1 heure avec du chloroforme, à la température du laboratoire. Les essais de culture et d'inoculation montrent que les spores ainsi traitées sont tuées. On filtre; on distille le liquide. Les derniers centimètres cubes du résidu de cette distillation sont versés dans une capsule contenant des spores d'*A. niger*, et évaporés en quelques secondes sur le bain-marie. Grâce à la rapidité de cette opération, le chloroforme n'exerce aucune action nocive sur les spores d'*A. niger*, mais il les imprègne des substances extraites de l'*A. fumigatus*. Les spores d'*A. niger* enrobées par l'extrait chloroformique d'*A. fumigatus* sont émulsionnées dans du bouillon et aussitôt injectées dans les veines de deux pigeons. On injecte en même temps à d'autres pigeons, qui servent de témoins, soit de l'extrait chloroformique seul, soit des spores d'*A. niger* normales ou enrobées d'un extrait chloroformique d'*A. niger* qui les rend plus épaisses, plus résistantes.

Après plusieurs semaines, aucun des pigeons témoins ne présentent les symptômes d'une affection quelconque.

Il est intéressant de constater que, tout au contraire, les animaux ino-

---

(1) *Annales Institut Pasteur*, 1894, p. 479.

(2) *Recherches cliniques et expérimentales sur la pseudo-tuberculose aspergillaire*, 1893.

(3) *Centralb. f. allg. Pathologie, u. pathol. Anatomie*, t. XIII, 1902.

(4) *Annales Institut Pasteur*, 1906, p. 209.

(5) *Archives de Parasitologie*, t. VII, 1903, p. 313.

culés avec les spores d'*A. niger* enrobées de l'extrait d'*A. fumigatus* meurent en général du troisième au sixième jour.

Parfois pourtant un pigeon, 48 heures après l'inoculation présente un aspect abattu, se met en boule, puis se rétablit en quelques jours. Dans mes essais, j'ai obtenu en moyenne la mort de trois animaux sur quatre mis en expérience. On observe à l'autopsie, pratiquée immédiatement après la mort, les lésions caractéristiques de l'aspergillose expérimentale.

Mais contrairement à ce qui se passe dans le cas de l'inoculation intraveineuse de *A. fumigatus* au pigeon, le mycélium est court et grêle et plus localisé au poumon qu'au foie. Sur des coupes, il est facile d'observer le développement du mycélium dans les tissus et des fragments de ces organes envahis ensemencés sur gélose fournissent une culture caractéristique d'*A. niger*.

On peut conclure de ces résultats, que, comme la spore tétanique, dans l'expérience de Vaillard [1], celle d'*A. fumigatus* renferme une substance, qui la protège contre la phagocytose. Cette substance, dont je me propose d'étudier la nature, permet même la germination dans l'organisme animal de spores non pathogènes qui en ont été imprégnées, et il est probable que l'expérience effectuée avec l'*A. niger* pourrait être reproduite avec d'autres moisissures s'accommodant d'une température de 40°.

Le fait que, par cet artifice, l'*A. niger*, non producteur de toxine, se développe dans les organes et provoque la mort, fait présumer que, dans l'aspergillose, la mort serait due uniquement au développement du mycélium et non à l'action d'une toxine.

PHYSIOLOGIE. — *Peut-on accoutumer le cobaye à la strychnine?* Note de M. **L. Launoy**, présentée par M. E. Roux.

Les expériences entreprises dans le but d'accoutumer les animaux à la strychnine ou à ses sels n'ont encore donné que des résultats peu encourageants. Récemment, M. Hale dit avoir obtenu chez le chien une accoutumance pour cet alcaloïde, elle est lentement acquise et très imparfaite; les recherches de M. Hale sur le cobaye n'eurent, dans cette voie, aucune apparence de succès.

En 1909, j'avais recherché s'il était possible, par l'emploi du phé-

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, t. VI, 1892, p. 678.

noxypropanediol dont j'ai montré l'action préventive contre l'intoxication strychnique [1] d'obtenir une accoutumance à cette substance; mes recherches n'avaient abouti qu'à des résultats négatifs. Il en fut de même dans les expériences où j'injectais la strychnine solubilisée dans une émulsion de *lécithine*. Dans ce dernier ordre d'idées, il résulte de mes essais que la lécithine (quoiqu'on en ait dit) ne possède pas de véritable action antitoxique vis-à-vis de la strychnine [2].

Les seuls résultats nettement positifs qui ressortent de mes expériences sont dus à l'emploi de la méthode suivante : injection intra-musculaire répétée tous les 8 à 10 jours d'une dose infra-mortelle progressivement mais très faiblement croissante de sulfate de strychnine dissous dans l'eau physiologique.

Chez le cobaye, la dose mortelle de sulfate de strychnine est assez variable d'un animal à l'autre. Pour Livon [3] et Hale [4] elle est de 0,0003 pour 100^g. J'ai souvent obtenu la mort rapide de l'animal en expérience, par l'injection intra-musculaire de 0,00025 à 0,0003 pour 100^g. Ainsi, du mois de mai au mois de décembre 1910, sur 58 animaux ayant été employés comme témoins, 56 succombent à une dose inférieure à 0,0004 pour 100^g; toutefois 2 animaux survivent à l'injection de 0,00044 pour 100^g pour l'un, à celle de 0,00048 pour 100^g chez l'autre. De 27 animaux éprouvés en janvier 1911, j'obtiens 2 survies avec 0,0005 pour 100^g et même (2 cas) avec 0,0006 pour 100^g. La résistance des cobayes à la strychnine paraît donc subir des influences saisonnières; en hiver les animaux sont plus résistants que pendant la saison chaude.

Au cours de cette étude, j'ai pu vérifier la notion, d'ailleurs classique aujourd'hui, que la dose convulsivante et la dose mortelle de strychnine sont extrêmement voisines l'une de l'autre. De cette dernière observation, il faut conclure que le coefficient de résistance maximum individuelle pour la strychnine, se trouve représenté par la dose de sel de strychnine capable de déterminer une grave crise convulsive sans toutefois entraîner la mort. Cette dose convulsivante, elle ne peut pas être séparée *numériquement* de la dose mortelle; je la désigne par R; arbitrairement nous pouvons faire R = 100.

---

[1] L. Launoy, *Sur le phénoxypropanediol* (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXIX, 1910, p. 191).
[2] M. Boissart, *Thèse de Médecine*, Lille, 1910.
[3] Livon, Article *Cobaye* du *Dict. de Physiol.* de Ch. Richet.
[4] Hale, *The Journal of Pharmacol. and exp. Therapeutics*, t. I, n° 1, juin 1909.

De mes résultats je me crois autorisé à conclure que :

1° Il est impossible d'obtenir aucun symptôme d'accoutumance par l'injection quotidienne d'une dose très faible, non convulsivante, progressivement augmentée.

2° Par la méthode préconisée ci-dessus, il est relativement facile d'obtenir, pour le cobaye, la tolérance à une dose largement convulsivante de sulfate de strychine. Cet état d'accoutumance fruste est souvent réalisé à la suite d'une seule injection infra-mortelle de sulfate de strychnine; il est de courte durée (5 à 10 jours).

3° Par le même procédé il est relativement aisé d'obtenir chez le cobaye par l'injection de doses progressivement croissantes, le passage d'une résistance R = 100 à R = 125 — 130.

4° Plus difficillement on obtient le passage de R = 100 à R = 150.

5° Exceptionnellement, on peut passer de R = 100 à R = 200 et même à R > 200.

Voici une expérience dans laquelle la valeur de R passe de 100 à 241.

Cobaye 530. — 19 *septembre* 1910, injection de 0,0003 pour 100g; crise convulsive très grave, accompagnée de phénomènes d'asphyxie, longue durée.

22 *septembre*, injection de 0,000388 pour 100 : pas de crise convulsive.

10 *octobre*, injection de 0,000388 pour 100 : crise grave.

19 *octobre*, injection de 0,0004 pour 100 : aucun phénomène toxique.

Du 19 octobre au 22 novembre, l'animal reçoit, en plusieurs fois, 0,002146 pour 100g de son poids. Le 22 novembre, on injecte 0,000651 pour 100, on note : crise grave de courte durée. Le 28 novembre, la même dose ne provoque qu'un état hyperesthésique.

Le 1er décembre, l'animal pèse 580g; il succombe en 15 minutes à l'injection de 0,000724 pour 100.

6° L'injection de substances qui, comme le phénoxypropanediol, diminuent d'une façon notable l'excitabitité réflexe, n'ont aucune influence favorable sur l'accoutumance à la strychnine.

7° Tous les animaux chez lesquels on a répété pendant quelque temps l'injection de doses infra-mortelles de sulfate de strychnine présentent des modifications des capsules surrénales. Macroscopiquement ces modifications sont visibles par l'augmentation volumétrique de la substance médullaire, par une diminution de la substance corticale.

Conclusion générale. — On peut affirmer qu'il est possible d'augmenter expérimentalement, dans une mesure relativement importante, la tolérance normale du cobaye pour la strychnine. Toutefois nous devons spécifier que nos résultats les plus démonstratifs (passage de R = 100 à R $\gtreqless$ 150;

$R \gtreqless 200$) restent à l'état d'exemples individuels, impossibles, jusqu'ici, à reproduire en série.

MÉDECINE. — *Recherche du virus dans les organes d'un enfant atteint de poliomyélite aiguë.* Note de MM. **K. Landsteiner**, **C. Levaditi** et **C. Pastia**, présentée par M. E. Roux.

La question des portes d'entrée du virus de la poliomyélite aiguë et du mode qui assure la transmission de la paralysie infantile épidémique est loin d'être élucidée. L'observation suivante, montrant la présence du virus de la maladie de Heine-Medin dans l'*amygdale* et le *pharynx*, chez un enfant ayant succombé en pleine attaque de poliomyélite, apporte une précieuse contribution à l'étude de ce problème. La voici :

Observation. — P. A., âgé de deux ans, entre dans le service (*Hôpital Wilhelmine* de Vienne) le 7 avril 1911, pour une pleurésie tuberculeuse. Pas de changement appréciable dans l'état du malade jusqu'au 7 mai. A ce moment, on constate des vomissements, de la fièvre (38°,5), *une rougeur de la gorge et des dépôts blanchâtres, lacunaires, sur les amygdales.* Le lendemain, la gorge est très rouge, mais les dépôts sont détachés.

Le 10 mai, dans la matinée, l'enfant est agité, ne peut plus s'asseoir et l'on observe une paralysie flasque des deux membres inférieurs, des muscles du dos et de la nuque; les réflexes sont abolis. L'après-midi, paralysie des membres inférieurs et du bras gauche. Le malade succombe dans la nuit par suite d'une paralysie des centres respiratoires.

Nécropsie (11 mai) : *poliomyélite aiguë, hypertrophie des amygdales avec dépôts dans les lacunes,* hypertrophie des follicules de la base de la langue, des ganglions du cou et du mésentère. Pleurésie tuberculeuse gauche. Rhinite. *L'examen microscopique montre des lésions typiques de poliomyélite aiguë.*

Des fragments d'organes sont placés dans de la glycérine au tiers et envoyés à l'Institut Pasteur de Paris. On les reçoit le 15 mai et l'on en prépare des émulsions dans de l'eau salée isotonique, émulsions qu'on injecte aux singes, à la dose $0^{cm^3},5$ dans le cerveau et $1^{cm^3},75$ dans le péritoine.

Rhesus n° 82, inoculé avec la *moelle épinière.* Le 22 mai (incubation de 7 *jours*), parésie des deux membres droits, tremblement généralisé. Le 23, paralysie complète. L'animal est sacrifié le 24 mai. L'examen histologique de la moelle montre des lésions intenses de poliomyélite aiguë (inflammation perivasculaire, infiltration leucocytaire de la substance grise, neuronophagie). Un passage fait sur le *Mac. sinicus* n° 72 a donné un résultat positif.

Rhesus n° 83, inoculé avec l'*amygdale*. Le 23 mai (incubation de 8 *jours*) : l'animal hésite à sauter et paraît présenter une parésie des membres inférieurs. Le 25, *paralysie des orbiculaires des paupières*, tremblement de la tête, parésie des membres inférieurs. Le 26, paralysie du membre supérieur gauche, surtout de l'avant-bras et de la main, paralysie du membre inférieur droit. Le 27, même état; le 28, l'animal est couché, paralysie généralisée, avec prédominance du type supérieur. On le sacrifie et, à l'examen histologique, on constate des lésions typiques et intenses de poliomyélite.

Rhesus n° 25, inoculé avec le *pharynx*. Le 31 mai (incubation de 16 *jours*) : agitation; le lendemain, tremblements de la tête et incoordination des mouvements. Le 3 juin, l'animal tombe quand il saute; parésie des membres gauches. Le 5 juin, paralysie presque complète. Survit.

Un singe inoculé le 15 mai avec les *ganglions cervicaux* et trois autres injectés le 26 mai avec la *rate*, la *glande salivaire* et les *ganglions mésentériques*, survivent sans avoir présenté de paralysies.

L'intérêt de cette observation réside dans le fait que *la poliomyélite a débuté par des symptômes manifestes d'angine lacunaire, et que le virus spécifique a été décelé précisément dans les amygdales et le pharynx*. Il nous semble donc très probable que *le microbe filtrant de la poliomyélite a eu comme portes d'entrée, dans notre cas, les amygdales et la muqueuse pharyngée*. Ce qui est certain, c'est que souvent on a remarqué que la poliomyélite débutait par des signes d'angine, plus particulièrement dans certaines épidémies. Par contre, dans d'autres épidémies, l'infection était précédée par des symptômes initiaux différents (troubles digestifs, par exemple). Il en résulte que, dans la paralysie infantile épidémique, il faudra admettre plusieurs modes de pénétration du virus dans l'organisme. Quoi qu'il en soit, l'observation que nous venons de citer montre l'importance de l'amygdale et du pharynx comme portes d'entrée. Elle vient compléter les constatations de Flexner et Lewis (1), qui ont décelé le virus dans la muqueuse nasale des singes infectés par voie cérébrale. De plus, la présence du microbe dans la muqueuse pharyngée chez l'homme, rend très probable sa pénétration dans les sécrétions de la gorge et du nez, ce qui est d'une importance capitale au point de vue de la contagion au moyen de ces sécrétions.

ZOOLOGIE. — *Sur l'appareil ovarien des Cochylis.*

Note de M. **Maisonneuve**, transmise par M. Edmond Perrier.

Depuis ma première Note sur l'appareil ovarien de la *Cochylis* j'ai eu l'occasion, en poursuivant mes dissections, de constater de nouveaux faits.

(1) *Journ. of the Americ. med. Assoc.*, 1910.

La conclusion de mes premières recherches reposait sur des dissections de *Cochylis* qui avaient subi leur métamorphose en papillon la veille (13 mai). Je constatai alors, dans chacun des six tubes ovariens, la présence d'une vingtaine d'œufs, soit pour l'ensemble 120 œufs. Mais, en même temps, je notais qu'en arrière de ces œufs parfaitement formés, entre eux et l'extrémité aveugle de chaque tube, se trouvait une masse résiduelle, un protoplasme non différencié, qui pouvait sans doute, disais-je, servir à l'élaboration de nouveaux germes, de sorte qu'il était fort possible que le nombre de 120 fût dépassé.

Ma prévision s'est réalisée. Une dissection pratiquée le 28 mai sur une femelle, 8 jours après sa métamorphose en papillon, m'a montré que toute la matière vivante renfermée dans les tubes ovariens était entièrement transformée en œufs, de plus en plus petits à mesure qu'on se rapprochait de l'extrémité distale de chaque tube dont le cul-de-sac renfermait un dernier œuf, le plus récent et le plus petit de tous.

Il en résulte donc que ce n'est plus seulement une vingtaine d'œufs que peut contenir chaque tube ovarien, mais bien 25 ou 30, ce qui, multiplié par 6, donne un total de 150 à 180 œufs.

Suivant donc l'époque de la vie du papillon de *Cochylis* à laquelle on fait la dissection, on voit que le nombre des œufs que porte une seule femelle peut sensiblement varier.

Si tous ces œufs sont pondus et réussissent, cela explique amplement les invasions formidables et souvent inattendues de ce redoutable parasite de la vigne.

ZOOLOGIE. — *Sur la fécondation des Infusoires ciliés.* Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. Yves Delage.

Les deux Notes publiées récemment au sujet de l'absence de fécondation chez les *Infusoires ciliés* (¹) ne semblent pas tenir un compte suffisant des résultats acquis définitivement, tant au point de vue de la fusion des noyaux que du mode de division du micronucleus.

Le micronucleus, d'après Dehorne, est constitué par deux moitiés parallèles qui, au début de la division, montrent un mouvement de rotation en sens inverse et donnent ainsi le nouveau fuseau : « la figure mitosique bipo-

(¹) Dehorne, *Comptes rendus*, 27 mars et 15 mai 1911.

laire n'est autre que l'ancien fuseau, ouvert selon son grand axe et développé dans un plan horizontal perpendiculaire à ce dernier »; le noyau mixte de Maupas, ou noyau double de copulation, serait simplement un micronucleus ordinaire entaillé qui s'ouvrirait plus tard pour constituer le fuseau : il s'agirait d'une loi générale.

En consultant les figures 1 à 4 qui reproduisent, dans la seconde Note, les principaux stades de la division chez *Colpidium colpoda*, on voit déjà qu'il est peu vraisemblable d'admettre que l'anse nucléaire de la figure 3 donne, en se redressant, le fuseau de la figure 4.

Nous allons mettre en regard nos propres observations sur cette première division nucléaire dans la même espèce.

Le micronucléus qui est formé d'une sphérule de chromatine homogène augmente de volume et fragmente sa chromatine en sept ou huit granules distincts : le stade spirème succède à celui-ci; on aperçoit, dans la cavité nucléaire incolore, plusieurs fils noduleux qui s'entrecroisent; le noyau va prendre maintenant un contour elliptique; des fibres achromatiques apparaissent et les chromosomes, au nombre de huit environ, se groupent dans le plan médian : leur division est transversale. C'est alors que le fuseau s'allonge en navette : il se remplit de granules chromatiques nombreux qui masquent les chromosomes : il forme bientôt un long ruban qui s'étend en se courbant plus ou moins d'une extrémité à l'autre de l'infusoire; les extrémités de ce ruban se renflent et deviennent piriformes; les chromosomes se montrent à nouveau, alors que les granules chromatiques disparaissent ainsi que le long boyau connectif.

Si nous prenons maintenant un cas beaucoup plus simple, celui du *Boveria* décrit par Stevens (1), nous voyons la masse chromatique se diviser en deux cordons parallèles, mais ces deux parties ne montrent aucun mouvement de rotation; elles se divisent longitudinalement pour fournir les quatre chromosomes de la plaque équatoriale; l'interprétation de Dehorne ici encore est inapplicable.

Celui-ci a été trompé par le stade en croissant si caractéristique des Paramécies : mais il faut noter que Calkins, qui a étudié ce stade en détail, à l'aide de nombreuses photographies, s'est bien gardé de le confondre avec le noyau double de copulation (2).

Il ne faut pas oublier d'ailleurs que ce stade en croissant n'existe pas chez

(1) Stevens, *The chromosomes and conjugation in Boveria* (*Arch. f. Protist.*, t. XX, 1910).

(2) Calkins, *The conjugation of Paramœcium aurelia* (caudatum) (*Archiv f. Protist.*, t. X, 1907).

beaucoup d'Infusoires, comme l'*Urostyla grandis* par exemple ([1]) : la présence dans cette espèce d'un gros boyau nucléaire est d'autre part incompatible avec la nouvelle interprétation proposée.

Cette première erreur sur la nature du noyau mixte de Maupas en a entraîné une autre, celle qui est relative à la *pseudo-dégénérescence du noyau stationnaire*.

Ici encore, les documents abondent, tous très probants sur la question de fécondation.

Il y a d'abord les observations si complètes de Maupas, celles de Calkins ([2]), de Clara Hamburger ([3]), puis celles toutes récentes de Buschkiel sur l'*Ichthyophthirius* ([4]).

Dans ce dernier cas, aucune confusion ne peut s'établir entre noyau migrateur et noyau stationnaire, car le noyau double de copulation provient d'un phénomène d'autogamie : nos observations viennent encore s'ajouter aux précédentes; elles reproduisent, par des dessins faits à la chambre claire, les diverses phases de la fécondation du *Colpidium colpoda* ([5]).

Comme conclusion, nous dirons que l'œuvre de Maupas reste entière : l'existence d'une fécondation chez les Infusoires ciliés est solidement établie : les travaux récents de Stevens nous permettent même de prévoir que la question de la réduction chromatique dans ce groupe recevra à bref délai une solution définitive.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la variation inverse du ventricule succenturié et du gésier chez les Oiseaux.* Note ([6]) de M. A. **Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'estomac des Oiseaux se compose de deux parties : le ventricule suc-

---

([1]) Fauré-Frémiet, *Appareil nucléaire, chromidies, mitochondries* (*Archiv f. Protist.*, t. XXI, 1910).

([2]) Calkins and Sara White Cull, *loc. cit.*

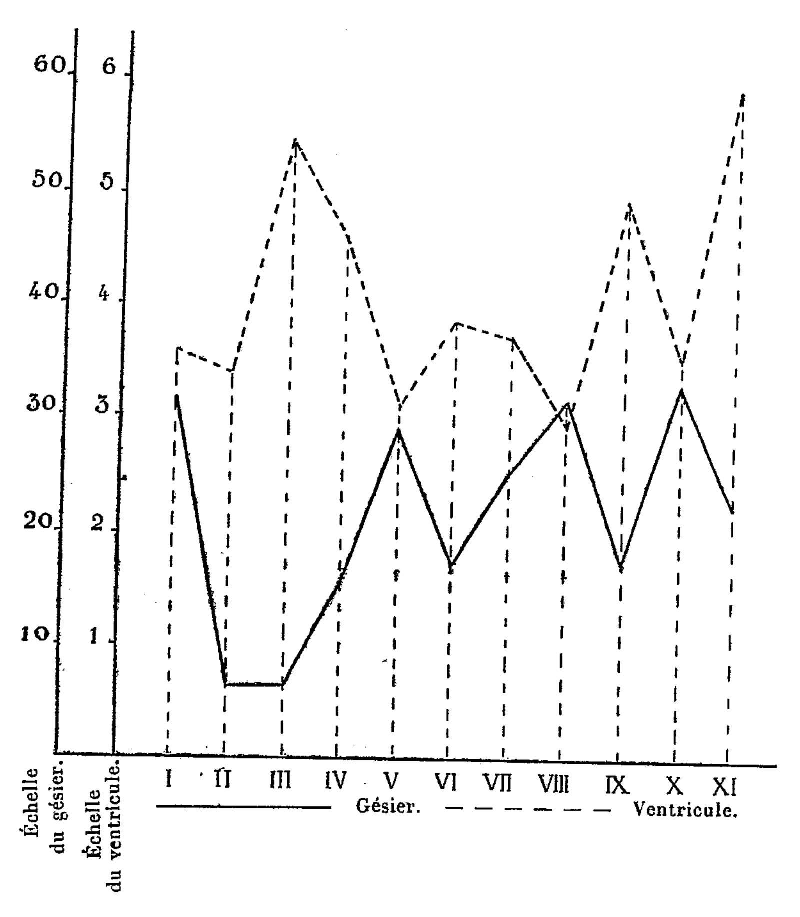
([3]) Clara Hamburger, *Die Conjugation von Paramœcium Bursaria* (*Archiv f. Protist.*, t. IV, 1904).

([4]) Buschkiel, *Beitrag zur Kenntnis des Ichthyophthirius multifilis* (*Arch. f. Protist.*, 1910).

([5]) P. A. Dangeard, *Sur la conjugaison des Infusoires ciliés* (*Comptes rendus*, 10 avril 1911). C'est par erreur que cette Note indique *Colpoda cucullus*, alors que nous avions précisé qu'il s'agit de l'espèce étudiée par Hoyer.

([6]) Présentée dans la séance du 29 mai 1911.

centurié et le gésier, que nous avons pesés séparément et que nous avons rapportés au kilogramme d'animal. Le Tableau suivant nous donne les



moyennes de ces rapports d'après les différents régimes que nous avons pu étudier chez les Oiseaux :

Nombre d'individus.	Désignation des régimes.	Poids moyen des individus.	Poids du ventricule par kilog. d'animal.	Poids du gésier par kilog. d'animal.
12...	I. Omnivores (Canards)...	2207^{g},30	3,56	31,50
18...	II. Carnivores............	1722,30	3,50	6,10
13...	III. Carnivores piscivores..	1702,50	5,40	6,40
23...	IV. Piscivores............	806,80	4,60	15,90
27...	V. Granivores............	513,40	3,10	29,10
16...	VI. Carnivores insectivores.	374,80	3,80	17,10

Nombre d'individus.	Désignation des régimes.	Poids moyen des individus.	Poids du ventricule par kilog. d'animal.	Poids du gésier par kilog. d'animal.
26...	VII. Testacivores..........	g 269,70	3,70	25,30
10...	VIII. Omnivores (Corbeaux).	214,70	2,90	31,60
7...	IX. Frugivores............	152,30	4,90	17,50
44...	X. Insectivores...........	38,20	3,50	32,70
24...	XI. Granivores insectivores.	33,10	5,90	22,10

On se rend compte de suite que quelques groupes formés par les piscivores, les frugivores, les granivores insectivores possèdent un poids de ventricule presque double de celui des autres. L'accroissement de leur ventricule est d'ordre purement mécanique; il vient de ce que ces oiseaux se nourrissent de proies volumineuses et intactes tels que des poissons dont l'ingestion distend le ventricule et développe sa tunique musculaire. Par contre, les Oiseaux dont le gésier est très pesant se nourrissent de graines, d'insectes, de crustacés, aliments dont la structure nécessite une trituration énergique pour permettre la pénétration des diastases.

Rangeons à intervalles égaux nos 11 groupes d'Oiseaux à régimes différents sur un axe horizontal, dans un ordre tel que les poids moyens de chaque série aillent en croissant. Sur l'ordonnée correspondante à chacun d'eux, plaçons deux points figurant respectivement ses quantités de ventricule et de gésier et relions par un même trait les points relatifs à un même organe. Il ressort du graphique ainsi construit que, lorsque la ligne représentative du ventricule monte, celle du gésier baisse et réciproquement. Ces deux organes varient donc en sens inverse, ce qui vient confirmer notre théorie de l'action mécanique du régime à leur égard.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la toxicité de deux nouveaux nitriles et l'action antitoxique de l'hyposulfite de soude vis-à-vis de l'un d'eux.* Note de M. **A. Desgrez**, présentée par M. Armand Gautier.

Les nouveaux nitriles dont j'ai déterminé la toxicité sont le cyanacétylène (nitrile propiolique) et le dicyanacétylène (sous-azoture de carbone), récemment découverts par MM. Moureu et Bongrand. L'intérêt qui s'attache à cette recherche résulte des analogies de constitution existant

entre ces nitriles (¹), l'acide cyanhydrique et le cyanogène :

H — CN, acide cyanhydrique. H — C ≡ C — CN, cyanacétylène
CN — CN, cyanogène........ CN — C ≡ C — CN, sous-azoture de carbone

Les toxicités ont été déterminées sur le lapin, par voie intraveineuse, et sur le cobaye par voie sous-cutanée. Le titre des solutions variait entre 1,80 et 2 pour 1000. Les injections intraveineuses ont été faites suivant la méthode de M. Bouchard, de manière à provoquer la mort en un temps voisin de 10 minutes.

Les injections sous-cutanées ont été répétées, par tâtonnements, jusqu'à ce que la mort se produisît en 20 minutes environ. Ce délai, qui peut paraître court, a été cependant choisi tel pour éviter le plus possible l'altération des nitriles, par polymérisation ou autrement, avant la manifestation de leur action toxique. On ne l'a pas choisi plus court pour qu'il fût possible d'observer les symptômes de l'intoxication. Comme terme de comparaison, la toxicité de l'acide cyanhydrique a été déterminée dans des conditions identiques. Les moyennes obtenues sont les suivantes :

	Dose mortelle par kilogramme d'animal.	
	Lapin. Voie intraveineuse.	Cobaye. Voie sous-cutanée.
Acide cyanhydrique........	g 0,0019	g 0,0032
Cyanacétylène.............	0,0147	0,0482
Sous-azoture de carbone....	0,0730	0,1950

Les symptômes de l'intoxication sont les mêmes, à l'intensité près, pour les deux nouveaux nitriles : accélération de la respiration qui, d'abord régulière et ample, devient rapide et superficielle, puis, peu à peu, très difficile. La respiration se ralentit ensuite, en même temps qu'une période de dépression, de parésie, puis de paralysie débutant par les membres postérieurs, se manifeste et progresse rapidement. Pendant cette période, la respiration devient de plus en plus lente et intermittente, les contractions cardiaques s'affaiblissent; finalement, après quelques accidents convulsifs, la respiration s'arrête, en même temps que disparaît l'excitabilité réflexe.

MM. Heymans et Masoin ont fixé à $0^g,013$ la toxicité du cyanogène par kilogramme de lapin et par voie sous-cutanée. La toxicité de l'acide cyanhydrique, par la même voie, serait donc environ quatre fois plus forte que celle du cyanogène. Les résultats de mes expériences montrent que l'intro-

(¹) J'adresse mes remercîments à MM. Moureu et Bongrand qui ont bien voulu mettre à ma disposition ces nouveaux nitriles.

duction du groupement acétylénique $(C \equiv C)^{II}$ entre H et CN de l'acide cyanhydrique, ou entre les 2 CN du cyanogène, a pour effet de diminuer, dans une mesure notable, la toxicité de ces corps. Cette diminution se fait même suivant une égale proportion pour chacun des deux nitriles, puisque le sous-azoture de carbone est à peu près quatre fois moins toxique que le cyanacétylène, si l'on s'en rapporte aux déterminations par voie sous-cutanée. Le cyanacétylène et le sous-azoture de carbone n'en présentent pas moins une toxicité élevée relativement à celle d'autres nitriles. J'ai trouvé, par exemple, une toxicité de $2^g,65$ par kilogramme de lapin, pour l'acétonitrile $CH^3 - CN$ administré par voie intra-veineuse. Le cyanacétylène est donc 180 fois et le sous-azoture de carbone 37 fois plus toxique que le nitrile acétique.

Existe-t-il un antidote que l'on puisse opposer à l'action de ces nitriles? MM. Heymans et Masoin [1] ont découvert ce fait important que l'hyposulfite de soude présente un pouvoir antitoxique préventif et curatif vis-à-vis de l'action de certains dinitriles. On pouvait logiquement supposer que le même sel exercerait une action protectrice analogue vis-à-vis du sous-azoture de carbone ou dinitrile acétylénique. L'expérience a pleinement vérifié cette hypothèse. Si l'on injecte au cobaye, dans le flanc droit par exemple, 2^g d'hyposulfite de soude par kilogramme, cet animal peut recevoir, un quart d'heure après, dans le flanc gauche, et sans succomber, $0^g,30$ de sous-azoture de carbone, c'est-à-dire plus d'une fois et demie la dose mortelle. Le même sel nous a paru, au contraire, dénué de toute action protectrice vis-à-vis de l'intoxication par le cyanacétylène.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur l'amylase, l'invertine et le mélange de ces deux diastases.* Note de M. **A. Chauchard** et M^lle^ **B. Mazoué**, présentée par M. A. Dastre.

Plusieurs auteurs (Finsen, Schmidt-Nielsen, Herter, Dreyer, Holderer, etc.) ont montré que les diastases étaient atténuées et même détruites par les rayons ultraviolets. Nous avons repris l'étude systématique de l'action des rayons ultraviolets sur les différentes diastases dans le but, d'une part, d'étudier pour chaque diastase le mode d'action de ces rayons, et, d'autre part, d'examiner si, par les rayons ultraviolets, on ne pourrait pas

(1) J.-F. Heymans et P. Masoin, *Étude physiol. sur les dinitriles normaux* (*Arch. de Pharmacodyn.*, t. III, p. 77).

isoler, dans un mélange de plusieurs diastases, quelques-unes d'entre elles en détruisant les autres.

Nous présentons actuellement les résultats obtenus pour deux diastases, l'amylase du malt et l'invertine de levure.

Technique. — Les solutions de diastase faites dans l'eau distillée sont placées dans des tubes de quartz de 11^{cm} de long disposés horizontalement sur la circonférence d'une roue ayant 25^{cm} de diamètre, tournant autour d'un axe horizontal. Une lampe en quartz à vapeurs de mercure de 110 volts est placée dans l'axe de sorte que les tubes soient exposés aux rayons d'une façon uniforme à la distance de 12^{cm} de la lampe, et en même temps il y a une agitation régulière du liquide.

C'est le dispositif général employé par M. V. Henri au laboratoire de Physiologie de la Sorbonne. Nous avons toujours mis dans les tubes 5^{cm^3} de solution de diastase. La roue faisait de 10 à 20 tours par minute.

Après l'exposition on étudiait l'activité de la diastase en faisant des réactions au thermostat réglé à 35°; les solutions étaient toujours portées à la température du thermostat avant le mélange. Après le mélange de la diastase avec l'amidon ou le sucre, on faisait des prises toutes les 15 minutes pendant 2 heures et l'on dosait le sucre formé par la liqueur de Fehling en employant la méthode de G. Bertrand. Un témoin était toujours fait dans les mêmes conditions.

Les diastases employées étaient l'amylase de malt du commerce et l'invertine préparée soit par M. V. Henri, soit par nous-mêmes à partir de la levure de bière.

Les concentrations de diastases étaient choisies telles que la réaction soit lente, c'est-à-dire que pendant la première demi-heure, moins de 25 pour 100 de l'amidon ou du saccharose soient hydrolysés. Les solutions de diastase exposées contenaient $0^g,60$ d'amylase ou d'invertine dans 100^{cm^3} d'eau distillée; elles étaient filtrées plusieurs fois et étaient parfaitement claires. Pendant l'exposition aux rayons ultraviolets, la température ne s'élevait pas au-dessus de 20° à 22°.

Résultats. — 1° *L'atténuation de l'amylase et de l'invertine par les rayons ultraviolets est d'abord rapide, puis se ralentit de plus en plus.* La courbe obtenue en portant en abscisses les durées d'exposition et en ordonnées les activités des diastases exposées a la forme d'une hyperbole.

Le Tableau suivant résume les résultats numériques (le témoin est représenté par 100) :

Durées d'exposition.	Amylase.	Invertine.
Témoin	100	100
15^m	57	»
30	31	»
60	10,4	55
90	7,5	»

Durées d'exposition.	Amylase.	Invertine.
160m	4,3	»
180	»	34
240	2,7	»
300	1,6	13
420	0	8,5
540	»	0,5

2° *L'amylase du malt est bien plus sensible aux rayons ultraviolets que l'invertine de levure.* Il suffit d'examiner les nombres du Tableau précédent; on voit par exemple qu'après 1 heure d'exposition l'amylase devient dix fois moins active, tandis que l'invertine baisse à peu près de moitié.

3° *Lorsqu'on expose des mélanges de l'amylase et de l'invertine, on trouve que l'amylase s'atténue bien plus vite que l'invertine.* On peut donc dans un mélange de ces deux ferments détruire par les rayons ultraviolets l'amylase et seulement atténuer l'invertine.

Les nombres suivants montrent les activités de l'amylase et de l'invertine dans les mélanges exposés :

Durées d'exposition.	Amylase.	Invertine.
Témoin	100	100
60m	62,6	73
180	30	53,6
300	14,6	39,5
540	»	24
600	»	12

Par conséquent, nous avons ici un exemple de séparation de deux diastases par les rayons ultraviolets.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence des calcaires à silex de l'Éocène dans les monts des Zarez (province d'Alger, Algérie).* Note de M. **A. Joly**, transmise par M. Ch. Barrois.

A l'extrémité occidentale des Monts des Zarez que j'ai antérieurement[1] désignée sous le nom d'Épanouissement de Tiberguint (partie nord-est

(1) A. Joly, *Relief et structure du plateau steppien d'Algérie* (*Annales de Géographie*, 15 mars, 15 mai 1909).

de la feuille Guelt'Esstel, carte au $\frac{1}{200000}$ du Service géographique de l'Armée), et sur la limite des bassins hydrographiques des Zarez et du Hodna, j'ai découvert il y a quelques années plusieurs lambeaux de calcaires à silex de l'Éocène. Ces lambeaux se rencontrent, en allant du Nord-Est au Sud-Ouest, dans la vallée de l'Oued Sfeï et dans la dépression des Ouled Ameur à Maïder Elguetaf.

Ils consistent en calcaires d'un blanc très pur, farcis de calcédoine et de rognons de silex noirs, à patine ferrugineuse, capricieusement contournés; parfois on voit s'intercaler dans le calcaire de véritables lentilles de silex, ou même de petits lits discontinus, dont l'épaisseur peu atteindre près de $0^m,30$; des cristaux de quartz sont répandus un peu partout. Le calcaire lui-même est parfois léger et de texture lâche, mais plus souvent compact, dur, cristallin, saccharoïde ou même franchement siliceux. Les fossiles, généralement nombreux, offrent une assez grande varieté de bivalves et de gastropodes marins ou saumâtres; on trouve notamment quantité de petits Cérithes presque toujours transformés en silice et gardant admirablement la trace des ornements qui les ont couverts; plus rarement il ne reste qu'une empreinte en creux avec patine d'oxyde de fer.

Les calcaires à silex de l'Oued Sfeï et de Maïder Elguetaf reposent directement sur le Néocrétacé, sans discordance; ils ont participé aux plissements qui ont affecté le plateau dont ils font partie; mais ils n'ont été conservés qu'au fond de synclinaux orientés Sud-Ouest Nord-Est; l'un de ces synclinaux, celui de Maïder Elguetaf, est demeuré en relief par suite de l'effondrement des parties adjacentes.

De tous les affleurements éocènes voisins des monts des Zarez, les plus connus sont ceux des calcaires nummulitiques à silex de Birine, situés à 60^{km} environ dans le Nord-Ouest. Mais dans l'intervalle, le plateau de Makhloufi continue à être en majeure partie formé par des calcaires éocènes de même type (1); j'ai pu vérifier leur existence dans des affleurements nombreux et souvent fossilifères, mais qui ne contiennent plus de Nummulites. Il faut ensuite se reporter assez loin dans le Sud, jusqu'à la bordure saharienne, pour retrouver des formations analogues.

Les calcaires à silex de l'Éocène, reconnus par Ritter près de Lagouate, à Ras-Sidi-Saker, où ils ne sont pas fossilifères, avaient été anciennement trouvés déjà un peu au delà vers l'Est, à Oum Éladam et aux alentours, par Pierredon; ces calcaires, fossilifères à Oum Éladam, se continuent

(1) *Voir* les anciennes cartes et les descriptions de Ville.

dans la direction des Zibane en prenant beaucoup d'importance, ainsi que l'indique la carte géologique de la province de Constantine, de Tissot.

On peut constater l'abondance des éléments pris aux calcaires à silex de l'Oued Sfeï dans des conglomérats qui recouvrent les dépressions voisines. Ces conglomérats, que je crois appartenir au Miocène terminal ([1]), se continuent plus à l'Ouest, sans cesser d'être d'abord en grande partie formés des débris peu ou mal roulés des calcaires à silex; ceux-ci, conservés seulement en lambeaux dans l'épanouissement de Tiberguint, au fond de synclinaux, ont donc pu s'étendre autrefois beaucoup plus loin dans l'Ouest. Aux abords du méridien de 0°50′ longitude Est les débris arrachés à l'Éocène marin se font rares ou disparaissent et cèdent la place à des calcaires siliceux lacustres d'âge indéterminé. Ainsi donc, à l'ouest de 0°50′ longitude Est ou bien les calcaires de l'Éocène marin avaient déjà disparu par érosion lorsque se sont formés les conglomérats miocènes, ou, plus probablement, ils ne s'étaient jamais déposés; aucune phase importante de dénudation ne semble, en effet, s'être produite dans le plateau steppien avant les derniers temps du Miocène.

Le type de calcaires à silex des monts de Zarey diffèrent peu ou point de celui des calcaires nummulitiques de Birine; les affleurements du plateau de Mahloufi forment la liaison des uns aux autres; les affinités des fossiles de l'Oued Sfeï et de Maïder Elguetaf, d'une part, d'Oum Eladam, de l'autre, sont trop remarquables pour qu'on ne songe pas immédiatement à une continuité ancienne entre les deux groupes de gisements.

En résumé, on peut penser : 1° que la mer où se sont déposés les calcaires à silex de l'Éocène a dû couvrir la bordure orientale du plateau steppien sur 60 à 80 kilomètres de largeur; 2° qu'entre les bassins steppien et saharien de cette mer il dut y avoir communication directe du Nord au Sud.

Il resterait à trouver des traces des calcaires à silex de l'Éocène dans les régions, encore si incomplètement explorées, comprises entre le Zareg Chergui et le Bou Kahil; c'est probablement dans la dépression d'Aïn-Rich, qui sépare les monts des Ouled Nayl des monts du Zab, que des lambeaux d'Éocène marin ont eu chance d'être respectés par l'érosion.

([1]) A. Joly, *Le Miocène continental du plateau steppien d'Algérie* (*A. F. A. S.*, Lille, 1909).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les phases glaciaires du seuil de Rives.* Note de M. **Raoul Blanchard**, transmise par M. Ch. Barrois.

En aval de Grenoble la vallée de l'Isère se bifurquait autrefois en deux branches gagnant chacune le Rhône à travers le Bas-Dauphiné. La plus septentrionale des deux, abandonnée aujourd'hui par la rivière, constitue une vallée morte allongée de Rives à Saint-Rambert-d'Albon, sous le nom de *Bièvre-Valloire*. La dénivellation de 250^m entre la tête de la vallée morte et le fond de la vallée actuelle se présente en plusieurs gradins espacés sur 4^{km} à 5^{km} de largeur : c'est là le seuil de Rives. J'ai pu distinguer du haut en bas de ce seuil les traces de quatre phases glaciaires successives, chacune séparée de la précédente et de la suivante par des périodes de retrait pendant lesquelles l'érosion fluviatile s'est donné carrière.

En haut, à l'extrémité de la plaine de Bièvre, on peut compter six lignes de moraines, auxquelles viennent se rattacher les nappes subordonnées qui forment le sol de la plaine. Ces moraines peuvent être suivies tout autour du seuil de Rives, au Sud sur les flancs de la montagne de Parménia, au Nord et à l'Est vers la Charellière, Orgeoise, le Tolvon et Saint-Étienne-de-Crossay. Cette ceinture continue est coupée par la Fure, qui après le départ du glacier a contourné et tranché les différentes lignes de moraines pour gagner la dépression centrale. Des terrasses, qu'on peut suivre depuis Charavines jusqu'au-delà de Rives, indiquent les phases d'approfondissement de cette percée de la Fure. Or ces terrasses, qui coupent les vallums de Rives et leur sont par conséquent postérieures, débouchent à Rives à un niveau qui, pour deux d'entre elles, est plus élevé que *le sommet* des moraines qui s'étendent sur les pentes inférieures du seuil, entre Rives et l'Isère; ces moraines se sont donc déposées en contre-bas de ces terrasses, elles-mêmes postérieures à la formation des vallums de Rives. Ainsi le dépôt de ces deux séries de moraines a été séparé par trois phases fluviatiles, consécutives à trois variations du niveau de base. Il faut donc distinguer d'abord un *stade de Rives*, séparé des suivants par plusieurs périodes d'érosion.

Au-dessous de ces moraines du stade de Rives, on distingue un complexe de vallums enchevêtrés, très serrés, formant vers le village de Charnècles en particulier un remarquable paysage morainique. Les alignements serrés qui le constituent peuvent se suivre, à des hauteurs équivalentes, vers le

Sud jusqu'au-dessus du bourg de Fures, vers l'Est par Maloza, Sermorens, la Croix-Bayard jusque derrière la Buisse. Cette série forme les dépôts d'un nouveau stade que l'on peut appeler le *stade de Charnècles*. En effet ces vallums de Charnècles sont entaillés par des vallées déjà très évoluées, à pente très faible, et dans lesquelles on peut retrouver les traces de deux cycles d'érosion. Or l'extrémité inférieure des vallées du cycle le plus récent débouche, du côté du Sud, à une altitude plus élevée que le sommet des moraines qu'on trouve au delà dans la direction de l'Isère. Celles-ci se sont donc établies en contre-bas du plafond de ces vallées; trois périodes de creusement séparent ainsi leur dépôt de celui des moraines du stade Charnècles, dont l'individualité se trouve par là démontrée.

Enfin deux séries de moraines existent encore entre celles du stade Charnècles et l'Isère. La première se suit depuis Vourey jusqu'à Coublevie, par Voiron; c'est un complexe de vallums serrés et enchevêtrés. La seconde, beaucoup plus simple, se développe en arc de cercle derrière Moirans, et comprend surtout un beau vallum précédé d'une nappe subordonnée qui descend vers Voiron. Chacune de ces séries forme un stade séparé. En effet on peut observer derrière Vourey une terrasse dont on retrouve des débris vers l'aval et qui vient couper net les vallums de Voiron; elle leur est donc postérieure. Or cette terrasse domine de quelques mètres la nappe subordonnée du vallum de Moirans, qui vient le border derrière Vourey; le glacier de Moirans est donc venu établir ses dépôts en contre-bas de cette terrasse. Ainsi deux phases de creusement au moins séparent l'établissement des moraines de Voiron de la formation du vallum de Moirans; il y a donc un *stade de Voiron*, distinct du *stade de Moirans*. Celui-ci est à son tour tranché par une basse terrasse post-glaciaire, de l'Isère, élevée d'une quinzaine de mètres au-dessus de la plaine alluviale.

Ainsi le seuil de Rives a été le théâtre de quatre allers et venues du glacier de l'Isère, séparés par des périodes de creusement. Je compte pouvoir montrer bientôt la continuation de ces terrasses et de ces lignes de moraines vers l'Isère inférieure.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Un panorama de la Moyenne Mlouya (Maroc oriental)*. Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré, dans mes publications antérieures, comment il convenait de distinguer trois parties dans le cours de l'Oued Mlouya. J'avais par-

couru avec soin la Basse Mlouya et j'avais apporté, sur la vallée moyenne du fleuve, quelques observations précises à la suite de mon voyage de l'été dernier dans la région de Taourirt et de Moul el Bacha, qui venait d'être soumise par le général Lyautey (¹). L'occupation de Debdou et la concentration de nos troupes au gué de Merada, m'ont permis, en suivant les colonnes du général Toutée, d'étendre mes recherches dans la Moyenne Mlouya. J'ai pu, notamment, du bord de la cuvette d'Oglat Naja, dans la plaine de Tafrata, avoir un coup d'œil d'ensemble sur cette partie du Maroc, qui comprend la province de Garet, de Léon l'Africain; j'ai aussi pu dominer toute la vallée, qui apparaît comme un immense cirque traversé du sud au nord par le cours du fleuve.

Je me propose dans cette Note de donner une idée d'ensemble de la Moyenne Mlouya.

Je comprends sous cette dénomination la partie de la vallée du fleuve marocain qui s'étend à la région *tertiaire*, limitée au nord par les gorges des Beni Mahiou (²); et je continue de croire que les dépôts miocènes sont limités au sud par l'étranglement de la vallée entre le plateau du Rekkam et les premières pentes du Moyen Atlas, entre Rechida et Bou Rached.

Ainsi comprise, la Moyenne Mlouya est bordée, au nord, par la chaîne des Beni Snassen et des Beni Bou Yahi; à l'est, du côté de Taourirt et de Mestigmer, elle est ouverte sur la plaine d'Angad, tandis qu'elle est nettement limitée par le Djebel Narguechoum, les Beni Chibel, les Oulad el Midi, du côté de la plaine de Tafrata. Au sud, elle est arrêtée sur la rive droite du fleuve par la gada de Debdou qui se prolonge par le plateau du Rekkam. Enfin, sur la rive gauche, le Moyen Atlas et le Rif dressent leurs escarpements rocheux sur la vallée tertiaire, séparés par la trouée de Taza, comprise entre cette ville et Miknassa.

Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit de la continuité de la chaîne des Beni Snassen et des Beni Bou Yahi, ainsi que du passage du fleuve à la faveur de fractures et d'un abaissement d'axe de ses plis longitudinaux.

Il m'a semblé encore, malgré la distance à laquelle j'ai dû observer, que le Guelliz et la crête des Mtalsa, qui ont pris une brusque inflexion vers le sud-ouest, se détachaient de cette chaîne pour se raccorder avec le Moyen Atlas. J'ai constaté en outre que le massif des Mtalsa, formé vrai-

(¹) *Comptes rendus*, séance du 5 déc. 1910, et *La Géographie*, nos du 15 janv. et du 15 mai 1911.

(²) *La Géographie*, 15 janv. 1911, p. 36-39.

semblablement de schistes recouverts par une puissante assise calcaire, probablement liasique, plongeait sous les dépôts miocènes pour se relever au sud. Cette observation, si elle était confirmée, conduirait à cette conclusion importante que *les plis du Moyen Atlas s'ennoyaient sous le détroit Sud-Rifain, de même que les plis de la chaîne continue du Rif et de la Cordillère bétique s'ennoient sous le détroit de Gibraltar.*

La gada de Debdou appartient, ainsi que je l'avais entrevu, aux régions tabulaires des monts des Beni Bou Zeggou, prolongement des monts de Tlemcen. Elle est limitée au bord de la plaine de Tafrata par un escarpement très abrupt de plusieurs centaines de mètres, montrant, sur des schistes associés à des roches éruptives paléozoïques, les calcaires jurassiques à peu près horizontaux. La plupart des schistes argileux et ardoisiers, entremêlés de bancs de quartzites, sont d'âge silurien; ils sont, au voisinage de Debdou, métamorphisés et granitisés. C'est au contact des dépôts secondaires et des schistes primaires que se trouve l'important niveau d'eau dont les émergences abondantes donnent à la vallée de Debdou, parsemée de nombreux ksour, sa belle végétation et son aspect pittoresque.

La gada se prolonge par le plateau du Rekkam qui appartient certainement au même régime tabulaire du Jurassique, d'après la description qu'en a donnée l'explorateur de Foucauld.

J'ai pu voir comment ce plateau se poursuit d'abord régulièrement, puis s'arrête brusquement en falaise dans la coupure de la Mlouya; tandis que, sur la rive gauche du fleuve, les calcaires secondaires se relèvent subitement à 45° avec une direction NW-SE dans les premiers contreforts du Moyen Atlas (Djebel Keddamin). Il est assez probable que le Djebel Reggou qui, non loin de là, atteint des altitudes de 3000^{m}, est formé d'un noyau paléozoïque et cristallin, si j'en juge par l'abondance de roches métamorphiques qui se trouvent, sous forme de cailloux roulés, dans les alluvions du fleuve.

Enfin le Rif apparaît, avec ses chaînons dont les plis s'incurvent vers le seuil de Taza.

Les dépôts miocènes de la Moyenne Mlouya donnent partout au relief les caractères que j'ai décrits dans la région de Taourirt et de Moul el Bacha. Partout les argiles, parfois gypseuses, et les grès du Miocène moyen sont recouverts par les dépôts arénacés du Miocène supérieur. Ces derniers sont en partie enlevés, laissant de nombreuses buttes-témoins en forme de *gour* qui donnent à la vallée un aspect tout à fait particulier. Ces *gour* sont surtout fréquents sur la rive droite et l'on voit, de ce côté, le Miocène supérieur, transgressif, s'appuyer sur les éminences jurassiques (Séquanien et Jurassique supérieur) du Guelb el Haïar, du Grouz, du Bou Mâzouz, etc.

Sur la rive gauche, le Miocène s'étale en plateaux réguliers, surbaissés jusqu'au delà du seuil de Taza où ils peuvent atteindre quelque 600^{m}

d'altitude; tandis qu'on les voit se relever sensiblement sur les flancs du Rif au nord, sur les pentes escarpées du Moyen Atlas au sud, en une série de gradins monoclinaux. Cette disposition témoigne de la continuité de la surrection des deux chaînes après la fin du Miocène. J'ai vu, à la jumelle, ces plateaux tertiaires, sur la structure desquels on ne peut se tromper, se poursuivre dans la trouée de Taza et plus loin encore, pour rejoindre l'Ang el Djemel, dans la région de Fez.

Les dépôts tertiaires paraissent enserrés, entre Taza et Miknassa, sur un espace relativement très restreint, qui n'a peut-être pas plus de 30^{km} entre le Rif et le Moyen Atlas, ce qui me fait penser que, au moins à la fin de l'époque miocène, le passage Sud-Rifain n'était pas beaucoup plus ouvert que le détroit de Gibraltar.

M. O. Schlussel adresse une Note relative à la *Mesure des actions dynamiques*.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 29 mai 1911 (suite).

Barrancos et cuevas (*haut Aragon, Espagne*), par Lucien Briet, avec 20 figures, (*Spelunca;* t. VIII, n° 61, octobre 1910.) Paris, au siège de la Société, 1910; 1 fasc. in-8°.

List of publications of the Carnegie Institution of Washington; mai 1, 1911. Washington; 1 fasc. in-8°.

Su la invenzione del tectonismo; Nota del dott. Leonardo Ricciardi. (Extr. du *Boll. della Soc. di Nat.*, de Naples; 24e année, t. XXIV, 1910.) Naples, 1911; 1 fasc. in-8°.

Missions scientifiques pour la mesure d'un arc de méridien au Spitzberg, entreprise en 1899-1901, sous les auspices des Gouvernements suédois. *Mission russe*. Tome I : *Géodésie*. 3e section, D : *Réseau principal des triangles*. Saint-Pétersbourg, 1910; 1 fasc. in-4°.

Die Luftelecktrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1906, 1907, 1908, von G. ANGENHEISTER. Berlin, Weidmann, 1911; 1 fasc. in-4°.

Les horloges de précision de l'Observatoire provisoire du Musée allemand de Munich, par M. VARINOIS. (Extr. du numéro du 16 avril 1911 de la *Revue générale, industrielle, économique, commerciale et agricole*.) Paris; 1 fasc. in-4°.

Publications de l'Observatoire central Nicolas, sous la direction de O. BACKLUND. Série II. Tome VII : 1. *Mittlere Oerter von* 6943 *Sternen für* 1885,0 *aus den Beobachtungen von H. Romberg in den Jahren* 1881-1894, bearbeitet von J. SEYBOTH. — Tome XV : *Observations faites au cercle vertical par* A. IVANOF *et* A. WASSILIEF, rédigées par M. NYRÉN. Saint-Pétersbourg, 1910; 2 vol. in-4°.

On the periodic times of Saturn's rings, by HENRY WILDE. (Extr. des *Manchester Memoirs*, t. LV, 1910-1911.) 1 fasc. in-8°.

Correspondence concerning the classification of stellar spectra, edited by FRANK SCHLESINGER, Secretary of the Committee on the classification of stellar spectra of the « International Union for Cooperation in Solar Research ». (Extr. de *The Astrophysical Journal*, t. XXXIII, n° 3, avril 1911.) Chicago; 1 fasc. in-8°.

Beiträge zur physischen Untersuchung der grössen Planeten : 1° *Beobachtungen und Zeichnungen des Planeten Mars während der Oppositionen* 1901 *und* 1909, *ausgeführt am* 12-*zölligen Refraktor der Urania-Sternwarte in Berlin und am* $9\frac{1}{2}$ *zöllingen Æquatorial der Hamburger Sternwarte in Bergedorf*, von K. GRAFF. mit 5 Tafeln. Hambourg, 1910; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 6 JUIN 1911.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Caisse des Recherches scientifiques*. Année 1910. *Rapport annuel adressé au Président de la République française*, par M. PAUL DISLÈRE. Melun, Imprimerie administrative, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Ministère de l'Intérieur. Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques. *Recueil des Actes officiels et Documents intéressant l'Hygiène publique : Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France;* t. XXXIX, année 1909. Melun, Imprimerie administrative, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Bref och Skrifvelser af och till Carl von Linné. Första afdelningen. Del V. Stockholm, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Le Millénaire Normand. (*Le Danemark*, Revue mensuelle, mai 1911, p. 79-82. Copenhague; 1 fasc. in-4°.)

Le vase du Millénaire, don du peuple Danois à la Ville de Rouen. Les « lurs ». (*Le Danemark*, Revue mensuelle, mai 1911, p. 83, 84. Copenhague; 1 fasc. in-4°.)

Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1909-1910; t. IX, 2e fascicule. Grenoble, Allier frères, 1910; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société zoologique de France; t. XXXV, fasc. 1-10. Paris, 1910; 5 fasc. in-8°.

The determination of selenographic positions and the measurement of Lunar photographs, by S.-A. SAUNDER. (*Memoirs of the Royal astronomical Society;* t. LX, part I.) Londres, 1911; 1 fasc. in-4°.

Studies on the variables of the Algol-type, by N. ICHINOHE. (*Journal of the College of Sciences*. Imperial University of Tokio; t. XXVII, art. 19, 18 janvier 1911.) Tokio; 1 fasc. in-4°.

Micrometrical measures of nebulæ 1905 *to* 1910, by JERMAIN-G. PORTER. (*Publications of the Cincinnati Observatory*, n° 17.) Cincinnati, 1910; 1 fasc. in-4°.

Polhöhenbestimmungen in den Jahren 1902, 1903, 1908 *und* 1909, von M. SCHNAUDER, mit zwei lithographierten Tafeln. (*Veröffentlichung der Königl. preussischen geodätischen Institutes;* neue Folge, Nr. 48.) Berlin, 1910; 1 fasc. in-4°.

Annalen der Kaiserlichen Universitäts-Sternwarte in Strasburg, herausgegeb. v. dem Director der Sternwarte, J. Bauschinger; Bd IV, Teil 1. Karlsruhe, 1911; 1 vol. in-4°.

Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen an den Landes Stationen in Bosnien-Hercegovina im Jahre 1909. Sarajevo, 1910; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 29 mai 1911.)

Note de M. *Lémeray*, Le principe de relativité et les forces qui s'exercent entre corps en mouvement :

Page 1468, ligne 5, *au lieu de*

$$H = q L^{-3}(1 - \lambda^2) V(\lambda R),$$

lisez

$$VH = q L^{-3}(1 - \lambda^2)(\lambda R).$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUIN 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Construction simple (en recourant seulement aux deux ellipsoïdes inverse et direct) de la vibration, du rayon lumineux et de la vitesse de ce rayon, pour chacun des deux systèmes d'ondes planes de direction donnée propagés dans un cristal transparent.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. L'onde courbe de Fresnel est indispensable pour construire tous les systèmes d'ondes et de rayons, tant réfléchis que réfractés, issus, à la surface séparant deux milieux anisotropes transparents, d'une onde ou d'un rayon incidents donnés. Mais, quand il ne s'agit que de se représenter les principaux éléments définissant, dans un milieu unique, les ondes planes dont la normale a une direction (α, β, γ) connue, cette onde courbe du quatrième degré n'est pas nécessaire; et les deux ellipsoïdes dits *inverse* et *direct* y suffisent.

Je me propose ici de montrer comment ils permettront de construire la vibration, le rayon lumineux et la vitesse r de propagation de ce rayon.

II. Il est admis généralement que tout cristal transparent possède un système d'axes rectangulaires, par rapport auquel les équations du mouvement vibratoire de son éther se réduisent à la forme simple

$$(1)\qquad \frac{d^2}{dt^2}\left(\frac{\xi}{a^2}, \frac{\eta}{b^2}, \frac{\zeta}{c^2}\right) = \Delta_2(\xi, \eta, \zeta) - \frac{d\theta}{d(x, y, z)},$$

où ξ, η, ζ désignent les trois composantes, suivant les x, y, z, de son dépla-

cement élastique; a, b, c trois certaines vitesses constantes de propagation, caractéristiques du cristal (et dont les rapports mutuels ne s'écartent jamais beaucoup de l'unité), Δ_2 le symbole opératoire $\frac{d^2}{dx^2}+\frac{d^2}{dy^2}+\frac{d^2}{dz^2}$; enfin, θ, la dilatation cubique $\frac{d\xi}{dx}+\frac{d\eta}{dy}+\frac{d\zeta}{dz}$.

Or il résulte de ces équations, pour régir les ondes planes susceptibles de se propager à l'intérieur du cristal :

1° L'équation de Fresnel, aux vitesses ω de propagation des ondes,

$$\frac{\alpha^2}{\omega^2-a^2}+\frac{\beta^2}{\omega^2-b^2}+\frac{\gamma^2}{\omega^2-c^2}=0; \tag{2}$$

2° La double proportion définissant les cosinus directeurs l', m', n' de la vibration, comptée positivement quand elle se fera suivant le sens dont l'angle avec la normale (α, β, γ) est aigu,

$$\frac{l'}{\frac{a^2\alpha}{\omega^2-a^2}}=\frac{m'}{\frac{b^2\beta}{\omega^2-b^2}}=\frac{n'}{\frac{c^2\gamma}{\omega^2-c^2}}. \tag{3}$$

Or cette double proportion entraîne, pour les cosinus directeurs (l'_1, m'_1, n'_1) de la projection de la vibration sur le plan de l'onde, projection qu'on choisira pour définir le *plan de la vibration* (ou plan normal à l'onde et contenant la vibration), les rapports égaux un peu plus simples

$$\frac{l'_1}{\frac{\alpha}{\omega^2-a^2}}=\frac{m'_1}{\frac{\beta}{\omega^2-b^2}}=\frac{n'_1}{\frac{\gamma}{\omega^2-c^2}}. \tag{4}$$

Nous appellerons, pour abréger, *pseudo-vibration* (ou vibration de Fresnel) cette projection de la vibration vraie sur le plan de l'onde, et ε son écart angulaire d'avec elle (toujours petit). Cet écart ε sera donc l'angle aigu de la direction (l'_1, m'_1, n'_1) avec la direction précédente (l', m', n'), qui lui est évidemment reliée par les trois rapports égaux

$$\frac{l'}{a^2 l'_1}=\frac{m'}{b^2 m'_1}=\frac{n'}{c^2 n'_1}. \tag{5}$$

Il est le complément de l'angle des deux directions (α, β, γ) et (l', m', n'); en sorte que l'on a

$$\sin\varepsilon=\alpha l'+\beta m'+\gamma n'. \tag{6}$$

D'autre part, la relation, résultant de (3) et (2),

$$(7)\qquad \frac{\alpha}{a^2}l' + \frac{\beta}{b^2}m' + \frac{\gamma}{c^2}n' = 0 \qquad \text{ou} \qquad \alpha_1 l' + \beta_1 m' + \gamma_1 n' = 0,$$

montre la perpendicularité de la vibration (l', m', n') à la droite, émanée de l'origine, dont les cosinus directeurs $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$ seraient reliés à ceux de la normale (α, β, γ), par la double proportion, entièrement analogue à (5),

$$(8)\qquad \frac{\alpha}{a^2\alpha_1} = \frac{\beta}{b^2\beta_1} = \frac{\gamma}{c^2\gamma_1}.$$

Comme cette droite, parfaitement déterminée dès que la normale (α, β, γ) l'est elle-même, n'en diffère jamais beaucoup, on peut l'appeler la *pseudo-normale* aux ondes. La vibration (l', m', n') est, en quelque sorte, *par rapport à elle*, *rigoureusement transversale*, tandis qu'elle est seulement *quasi-transversale* par rapport à la normale *vraie* (α, β, γ).

III. Enfin, quand les ondes planes ne sont pas latéralement indéfinies, mais que, toutefois, l'amplitude varie, à chaque instant, assez graduellement d'un point à l'autre du premier plan d'onde (censé mené par l'origine) pour éviter les phénomènes de diffraction, la transmission intégrale du mouvement se fait, sur chaque onde, dans le sens du rayon r, émané de l'origine, dont l'extrémité (x, y, z) est située sur l'onde plane

$$(9)\qquad \alpha x + \beta y + \gamma z = \omega,$$

partie de l'origine depuis une unité de temps ou ayant parcouru la distance ω suivant la normale (α, β, γ), et a, de plus, ses coordonnées x, y, z astreintes à vérifier la double proportion

$$(10)\qquad \frac{x}{\alpha - l'\sin\varepsilon} = \frac{y}{\beta - m'\sin\varepsilon} = \frac{z}{\gamma - n'\sin\varepsilon}.$$

Or il résulte de celle-ci (10), et de la relation (6), que ce rayon r se trouve, à la fois, perpendiculaire à la vibration (l', m', n') et situé *dans son plan*; en sorte que, dans ce plan d'ailleurs normal à l'onde, il fait lui-même l'angle ε avec la perpendiculaire ω menée de l'origine sur l'onde (9) (1).

(1) On peut voir, par exemple, pour la démonstration de toutes les propriétés rappelées ici, le Tome II de mes Leçons de la Sorbonne sur la *Théorie analytique de la chaleur*, *mise en harmonie avec la Thermodynamique et avec la Théorie mécanique de la lumière* (p. 290 à 306).

Par conséquent, la perpendiculaire ω est la projection, sous l'angle ε, du rayon r; et l'on a

$$\omega = r \cos\varepsilon. \tag{11}$$

Élevons au carré les trois rapports (4), et, les multipliant ensuite haut et bas par $\omega^2 - a^2$, $\omega^2 - b^2$, $\omega^2 - c^2$, ajoutons-les terme à terme en tenant compte, au dénominateur, de l'équation (2) en ω. Il viendra, comme on sait, pour exprimer le carré de cette vitesse ω de progression des ondes en fonction linéaire des trois carrés $l_1'^2, m_1'^2, n_1'^2$ des cosinus directeurs de la pseudo-vibration (ou vibration de Fresnel), la formule simple

$$\omega^2 = a^2 l_1'^2 + b^2 m_1'^2 + c^2 n_1'^2. \tag{12}$$

Mais la vraie vitesse de propagation du mouvement doit se mesurer suivant le sens où il se transmet; et elle se trouve exprimée par le rayon r, dont l'inverse, élevé au carré, a, d'après (11), la valeur $\frac{\cos^2\varepsilon}{\omega^2}$. On l'obtiendra donc en évaluant le cosinus de l'angle ε des deux directions (l_1', m_1', n_1') et (l', m', n'). Les formules (5) le donnent aisément; et il vient ensuite, vu (12), pour l'inverse du carré r^2 de la vraie vitesse de propagation,

$$\frac{1}{r^2} = \frac{a^2 l_1'^2 + b^2 m_1'^2 + c^2 n_1'^2}{a^4 l_1'^2 + b^4 m_1'^2 + c^4 n_1'^2}. \tag{13}$$

Il est plus naturel de l'exprimer au moyen de la direction vraie (l', m', n') de la vibration, que de sa projection (l_1', m_1', n_1') sur le plan de l'onde. Or, le second membre de (13) étant homogène du degré zéro en l_1', m_1', n_1', l'on peut y remplacer ces trois cosinus directeurs par les trois quantités proportionnelles, en l', m', n', résultant de (5).

Et il vient alors

$$\frac{1}{r^2} = \frac{l'^2}{a^2} + \frac{m'^2}{b^2} + \frac{n'^2}{c^2}. \tag{14}$$

Ainsi, l'inverse du carré de la vraie vitesse r de propagation s'exprime linéairement au moyen des trois carrés l'^2, m'^2, n'^2 des cosinus directeurs de la vibration (1).

(1) J'avais déjà donné cette formule simple au numéro de mai 1905 du *Bulletin des Sciences mathématiques* de M. Darboux, dans un Mémoire intitulé *Sur l'existence d'un ellipsoïde d'absorption dans tout cristal translucide, même sans plan de symétrie ni axe principal, et sur la construction des rayons lumineux dans les milieux opaques* [formule (25)].

IV. Cela posé, construisons, avec Fresnel, l'ellipsoïde *direct*

(15) $$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1;$$

et faisons correspondre, à ses points (x, y, z), ceux, (X, Y, Z), de l'ellipsoïde *inverse*

(16) $$a^2X^2+b^2Y^2+c^2Z^2=1,$$

par les relations

(17) $$\frac{x}{a}=aX, \qquad \frac{y}{b}=bY, \qquad \frac{z}{c}=cZ.$$

L'on reconnaît aisément que les deux demi-diamètres, *correspondants*, joignant l'origine aux deux points respectifs (x, y, z) et (X, Y, Z), sont, chacun, sur la perpendiculaire tirée de l'origine au plan tangent mené à l'extrémité de l'autre, et qu'ils ont leur longueur respective inverse de celle de cette perpendiculaire. En particulier, d'après (8) et (5), les directions $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$ et (l'_1, m'_1, n'_1) de la pseudo-normale aux ondes et de la pseudo-vibration sont données par les demi-diamètres qui correspondent, dans l'ellipsoïde inverse, aux demi-diamètres de l'ellipsoïde direct orientés suivant la vraie normale (α, β, γ) et suivant la vraie vibration (l', m', n').

Donc cette dernière (l', m', n'), par exemple, correspond, dans l'ellipsoïde direct, à la pseudo-vibration supposée représentée en direction par un demi-diamètre donné de l'ellipsoïde inverse; d'où il suit qu'elle est normale à l'ellipsoïde inverse au point où se termine ce demi-diamètre. Telle est, par la normale même dont il s'agit, une première manière de construire la vraie direction (l', m', n') de la vibration, quand on connaît la pseudo-vibration (l'_1, m'_1, n'_1).

V. Or on sait que l'ellipse d'intersection de l'ellipsoïde inverse, par le plan d'onde diamétral $\alpha X+\beta Y+\gamma Z=0$, a ses deux demi-axes orientés suivant les deux pseudo-vibrations possibles des ondes mêmes, ou dans les deux plans possibles de la vibration, et inverses de la vitesse ω de propagation de ces ondes suivant leur normale ([1]). D'autre part, ayant construit la pseudo-normale, *par rapport à laquelle* sont transversales les vibrations vraies, menons-lui par l'origine un plan perpendiculaire. Il est clair que ce plan coupera les deux plans rectangulaires, déjà obtenus, des

([1]) Voir, par exemple, le Tome II cité ci-dessus, p. 418.

vibrations, suivant les sens des vibrations vraies : ce qui fournira une deuxième manière de construire celles-ci. Et comme, de plus, les rayons r se trouveront, dans ces mêmes plans de vibration, perpendiculaires à la vibration respective, de même que l'est déjà (hors des plans) la pseudo-normale, il est clair que les deux projections de la pseudo-normale sur ces mêmes plans de vibration seront précisément, quant à la direction, les deux rayons lumineux correspondants.

Enfin, leurs vitesses r de propagation égaleront le demi-diamètre de l'ellipsoïde direct orienté suivant la vibration (l', m', n'). En effet, les coordonnées x, y, z de l'extrémité du diamètre en question auront, en appelant r celui-ci, les valeurs (rl', rm', rn'); et l'équation (15) de l'ellipsoïde direct donnera précisément, pour y déterminer r, la formule (14) exprimant l'inverse du carré r^2 de la vraie vitesse de propagation.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains systèmes triple-orthogonaux qui se déduisent de courbes plusieurs fois isotropes.* Note de M. C. **Guichard.**

La considération de courbes plusieurs fois isotropes m'a permis de former d'une façon simple des réseaux C particuliers. (Voir ma Note du 27 mars.) Je vais montrer, dans la présente Note, comment on peut, en partant de pareilles courbes, obtenir sous forme explicite toute une série de systèmes triple-orthogonaux, parmi lesquels se trouvent des systèmes étudiés par M. Darboux (*Leçons sur les systèmes orthogonaux*, 2^e éd., Note III).

Je rappelle la définition suivante : *Si x_1, x_2, ..., x_n sont des fonctions d'une variable u_1 et si l'on a*

$$(1)\quad \sum\left(\frac{dX}{du_1}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{d^2X}{du_1^2}\right)=0,\quad \ldots,\quad \sum\left(\frac{d^kX}{du_1^k}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{d^{k+1}X}{du_1^{k+1}}\right)^2\neq 0,$$

on dit que le point qui a pour coordonnées x_1, x_2, ..., x_n décrit une courbe k fois isotrope. Une véritable courbe k fois isotrope ne peut exister que dans un espace dont l'ordre minimum est $2k+1$. On peut former explicitement l'expression des $2k+1$ coordonnées en fonction de u_1, ces expressions contiennent k fonctions arbitraires de u_1; enfin on peut choisir le mode de représentation de telle sorte que si la courbe est algébrique les k fonctions de u_1 seront algébriques et réciproquement.

Les équations (1) peuvent être remplacées par les suivantes : Soient x_1,

$x_2, \ldots, x_n$ les paramètres directeurs de la tangente à la courbe. On aura

$$(2) \quad \sum x^2 = 0, \quad \sum \left(\frac{dx}{du_1}\right)^2 = 0, \quad \ldots, \quad \sum \left(\frac{d^{k-1}x}{du_1^{k-1}}\right)^2 = 0, \quad \sum \left(\frac{d^k x}{du^k}\right)^2 \neq 0.$$

Des équations (2) on déduit les suivantes :

$$(3) \qquad \sum \frac{d^\alpha x}{du_1^\alpha} \frac{d^\beta x}{du_1^\beta} = 0,$$

où l'on suppose que les deux entiers α et β sont ou tout deux plus petits que K ou bien que l'un est égal à K et l'autre plus petit que K. Si l'un des entiers α ou β est nul, on remplacera dans la formule (3) $\frac{d^\alpha x}{du_1^\alpha}$ par x ou $\frac{d^\beta x}{du_1^\beta}$ par x.

Je suppose $n = 2k + 1$ et je pose

$$(4) \qquad Y_i = X_i + p_1 x_i + p_2 \frac{dx_i}{du_1} + \ldots + p_k \frac{d^{k-1} x_i}{du_1^{k-1}}$$
$$(i = 1, 2, \ldots, 2k+1),$$

où $p_1, p_2, \ldots, p_k$ sont des *fonctions arbitraires* de trois variables u_1, u_2, u_3. Je conserverai encore la forme (4) dans le cas où les X_i seraient constants, en supposant, bien entendu, que les x_i satisfont aux relations (2). Je dirai alors, pour employer un langage géométrique, que j'ai remplacé une développable k fois isotrope par un cône k fois isotrope.

Des formules (2), (3), (4) on déduit

$$(5) \qquad \sum dY_i^2 = p_k^2 \sum \left(\frac{d^k x_i}{du_1^k}\right)^2 = U_1 p_k^2,$$

où U_1 est une fonction de u_1 seul. On a de plus

$$(6) \qquad \sum (Y_i - X_i)^2 = 0.$$

Enfin, en éliminant $p_1, p_2, \ldots, p_k$ entre les équations (4), on obtient $k + 1$ relations de la forme

$$(7) \qquad \Sigma a_i Y_i = a,$$

où les a_i et a sont des fonctions de u_1 seul.

Cela posé, je considère une première courbe C_1 située dans un espace d'ordre $2k_1 + 1$ et qui est k_1 fois isotrope ; soient $X_1, X_2, \ldots, X_{2k_1+1}$ les coordonnées d'un point de la courbe, supposées fonctions d'un paramètre u_1 ; puis une courbe C_2 dont les coordonnées $X'_1, X'_2, \ldots, X'_{2k_2+1}$ sont des fonctions de u_2 et qui est k_2 fois isotrope ; je désigne par $x'_1, x'_2, \ldots, x'_{2k_2+1}$ les

paramètres directeurs de la tangente à cette courbe; enfin une courbe C_3 dont les coordonnées $X''_1, X''_2, \ldots, X''_{2k_3+1}$ sont des fonctions de u_3 et qui est k_3 fois isotrope; les paramètres directeurs des tangentes à cette courbe seront désignés par $x''_1, x''_2, \ldots, x''_{2k_3+1}$. Je pose maintenant

$$(8)\quad \begin{cases} Y_i = X_i + p_1 x_i + p_2 \dfrac{dx_i}{du_1} + \ldots + p_{k_1} \dfrac{d^{k_1-1}x_i}{du_1^{k_1-1}} & (i = 1, 2, \ldots, 2k_1+1), \\ Y'_i = X'_i + q_1 x'_i + q_2 \dfrac{dx'_i}{du_2} + \ldots + q_{k_2} \dfrac{d^{k_2-1}x'_i}{du_2^{k_2-1}} & (i = 1, \ldots, 2k_2+1), \\ Y''_i = X''_i + r_1 x''_i + r_2 \dfrac{dx''_i}{du_3} + \ldots + r_{k_3} \dfrac{d^{k_3-1}x''_i}{du_3^{k_3-1}} & (i = 1, \ldots, 2k_3+1), \end{cases}$$

où les quantités p_i, q_i, r_i sont des *fonctions arbitraires* de u_1, u_2, u_3. J'aurai, d'après ce qui précède,

$$(9)\qquad \Sigma\, dY^2 + \Sigma\, dY'^2 + \Sigma\, dY''^2 = U_1 p_1^2\, du_1^2 + U_2 q_{k_2}^2\, du_2^2 + U_3 r_{k_3}^2\, du_3^2.$$

Le nombre total des coordonnées Y, Y′, Y″ est n

$$(10)\qquad n = 2(k_1 + k_2 + k_3) + 3.$$

J'effectue, sur l'ensemble de ces coordonnées, une substitution orthogonale à coefficients constants. Soient $z_1, z_2, \ldots, z_n$ les nouvelles coordonnées. J'aurai encore

$$(11)\qquad \sum_1^n dZ^2 = U_1 p_{k_1}^2\, du_1^2 + U_2 q_{k_2}^2\, du_2^2 + U_3 r_{k_3}^2\, du_3^2.$$

Maintenant, je détermine les fonctions p, q, r qui sont au nombre de $(k_1 + k_2 + k_3)$ par les équations du premier degré

$$(12)\qquad Z_4 + iZ_5 = 0, \qquad Z_6 + iZ_7 = 0, \qquad \ldots, \qquad Z_{n-1} + iZ_n = 0,$$

qui sont au nombre de $k_1 + k_2 + k_3$.

Il restera simplement

$$(13)\qquad dZ_1^2 + dZ_2^2 + dZ_3^2 = U_1 p_{k_1}^2\, du_1^2 + U_2 q_{k_2}^2\, du_2^2 + U_3 r_{k_3}^2\, du_3^2.$$

On obtient donc un système triple-orthogonal. Au point de vue du degré de généralité de la solution, il importe de faire une remarque. Les équations (12) sont au nombre de $k_1 + k_2 + k_3$, il y a $2(k_1 + k_2) + 2$ quantités Y et Y′; si donc

$$k_1 + k_2 + k_3 > 2(k_1 + k_2) + 2,$$

on pourra déduire des équations (12) des relations contenant les Y″ seuls.

Ces relations linéaires sont forcément isotropes puisqu'elles sont une combinaison des équations (12); cela revient à diminuer le nombre k_3. On peut donc, si l'on suppose

$$k_1 \leqq k_2 \leqq k_3,$$

se borner au cas où

$$k_3 \leqq k_1 + k_2 + 2. \qquad (14)$$

Je suppose $k_1 = 1$, il y aura entre les Y' et les Y'' des relations de la forme (7); ces relations sont au nombre de $(k_2 + k_3) + 2$. En y joignant les équations (12) on a en tout, entre $z_1, z_2, \ldots, z_n$,

$$k_1 + 2(k_1 + k_3) + 2 = n - 2$$

relations linéaires, les coefficients étant des fonctions de u_2 et u_3 seuls. Par conséquent, entre Z_1, Z_2, Z_3 il y aura une relation de la forme

$$A_1 Z_1 + A_2 Z_2 + A_3 Z_3 = A_4,$$

les A étant des fonctions de u_2 et de u_3; si donc, u_1 varie seul, le point décrivant le système triple décrit une courbe plane. Il est facile de vérifier que cette courbe plane est égale à une section plane de la développable isotrope

$$Y_1 = X_1 + p_1 x_1, \qquad Y_2 = X_2 + p_1 x_2, \qquad Y_3 = X_3 + p_1 x_3.$$

Si X_1 X_2, X_3 sont des constantes, c'est-à-dire si l'on remplace la développable isotrope par un cône isotrope, ces courbes planes seront des cercles.

Je suppose maintenant $k_1 = 2$ et de plus $X_1, \ldots, X_3$ constants. On a, en général,

$$\Sigma(Y - X)^2 + \Sigma(Y' - X')^2 + \Sigma(Y'' - X'')^2 = 0. \qquad (15)$$

Si dans cette équation on considère les Y, Y', Y'' comme des coordonnées courantes, on a l'équation d'une sphère de rayon nul, les coefficients de l'équation étant des fonctions de u_2 et de u_3 seulement. Par la substitution orthogonale, cette équation se transforme en une autre de même forme, par rapport aux Z. Si l'on tient compte des équations (12), cette équation se réduit à la forme

$$Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 + B_1 Z_1 + B_2 Z_2 + \ldots + B_n Z_n + B_{n+1} = 0, \qquad (16)$$

les B étant des fonctions de u_2 et u_3. Or les équations (12) jointes aux équations de la forme (7) pour les variables u_2 et u_3 sont au nombre de

$n-3$; elles permettent d'exprimer Z_4, Z_5, ..., Z_n en fonctions linéaires de Z_1, Z_2, Z_3, les coefficients étant des fonctions de u_2 et u_3. En remplaçant, l'équation (16) prend la forme

$$Z_1^2+Z_2^2+Z_3^2+2C_1Z_1+2C_2Z_2+2C_3Z_3+C_4=0, \tag{17}$$

les C étant des fonctions de u_2 et u_3. Il en résulte que si u_1 varie seul, le point qui a pour coordonnées Z_1, Z_2, Z_3 décrit une courbe sphérique. *La première série de courbes de Lamé est formée de courbes sphériques.*

Si je suppose $k_1=k_2=1$, k_3 devra prendre les valeurs 1, 2, 3, 4 [formule (14)]. Les surfaces $u_3=$ const. auront leurs lignes de courbure planes; en prenant le cas général $k_3=4$, on voit qu'il y a une fonction arbitraire de u_1 pour définir la courbe C_1, une de u_2 pour la courbe C_2, quatre de u_3 pour la courbe C_3; en tout six fonctions arbitraires d'une variable. Si de plus X_1, X_2, X_3, X'_1, X'_2, X'_3 sont des constantes, les surfaces $u_3=$ const. sont des cyclides de Dupin; ces systèmes triples dépendent de quatre fonctions arbitraires de u_3. Tous ces résultats coïncident avec ceux qui sont donnés par M. Darboux dans la note citée plus haut.

Si $k_1=k_2=k_3=1$ on a un système triple dans lequel toutes les courbes de Lamé sont des courbes planes; si de plus les quantités X, X', X'' sont des constantes, on a un système triple formé uniquement de cyclides de Dupin. (Voir G. Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, § 35.)

Si $k_1=k_2=k_3=2$ et si les quantités X, X', X'' sont des constantes, on a un système triple dans lequel *toutes les courbes de Lamé sont des courbes sphériques.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Méray*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 39,

M. E. Cosserat obtient.	36 suffrages
M. Riquier »	2 »
M. Le Roux »	1 suffrage

M. **E. Cosserat**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Zeuner*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 38,

M. Levi-Cività obtient.	36 suffrages
M. Stodola »	1 suffrage

Il y a un bulletin nul.

M. **Levi-Cività**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Houzeau*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 34,

M. Paul Wagner obtient.	29 suffrages
M. J. Eriksson »	3 »
M. Birkeland »	2 »

M. **Paul Wagner**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

PLIS CACHETÉS.

M. **Maurice Gandillot** adresse une Note complémentaire *Sur le vol des oiseaux*. Il demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 12 juin 1911 et inscrit sous le n° 7767.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Note sur le vol des oiseaux*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

CORRESPONDANCE.

L'Académie est invitée à participer aux cérémonies commémoratives du Centenaire de la naissance de *Carlo Matteucci*, qui fut un de ses Correspondants de la Section de Physique générale.

L'**Académie** s'associe à l'hommage qui sera rendu à la mémoire de l'illustre savant.

M. **E. Perroncito**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de l'Intérieur** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui devra faire partie de la *Commission permanente des stations hydrominérales et climatiques*.

M. **Armand Gautier** est désigné par l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H.-E. Jeanpert, *Vade-mecum du Botaniste dans la région parisienne*, I. (Présenté par M. L. Mangin.)

2° *Documents scientifiques de la Mission Tilho* (1906-1909). Tome II. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la cinématique des milieux continus à n dimensions*. Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit un fluide $\mathcal{F}$ en mouvement; $(x_1, \ldots, x_n)$ la position M d'un point $\mathfrak{M}$ du fluide au point t; $(x'_1, \ldots, x'_n)$ sa position M′ au temps $t' = t + \theta$. Les équations

$$(1) \qquad x'_i = f_i(x_1, \ldots, x_n, t, \theta), \qquad t' = t + \theta \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

qui lient M et M′, sont celles d'*un groupe à un paramètre* G, qui *est l'image du mouvement*. Sa transformation infinitésimale est

$$(2) \qquad Df = \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{i=1}^{n} u_i(x_1, \ldots, x_n, t)\frac{\partial f}{\partial x_i},$$

$(u_1, \ldots, u_n)$ étant la vitesse, au temps t, du point de $\mathcal{F}$ qui passe en $(x_1, \ldots, x_n)$ à cet instant ([1]). L'opération D est la dérivation $\frac{\partial}{\partial t}$, les variables indépen-

([1]) Cf. Zorawski, *Bull. int. Ac. Sc. Cracovie*, 2 déc. 1901.

dantes étant t et n variables $a_1, \ldots, a_n$ caractérisant $\mathfrak{M}$: ces dernières seront, par exemple, les coordonnées de la position de $\mathfrak{M}$ pour $t = 0$.

Prolongeons Df, suivant les différentielles totales $dx_1, \ldots, dx_n$, prises par rapport à $a_1, \ldots, a_n$. On a $D\,dx_i = du_i$, d'où le prolongement

$$(3) \qquad D_1 f = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} u_{ik}\, dx_k \frac{\partial f}{\partial\, dx_i} \qquad \left(u_{ik} = \frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right),$$

qui définit la *déformation infinitésimale du milieu fluide*. On écrit :

$$(4) \qquad D_1 f = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} w_{ik}\, dx_k \frac{\partial f}{\partial\, dx_i} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} \omega_{ik}\, dx_k \frac{\partial f}{\partial\, dx_i},$$

$$w_{ik} = \frac{1}{2}(u_{ik} + u_{ki}), \qquad \omega_{ik} = \frac{1}{2}(u_{ik} - u_{ki}),$$

ce qui donne la décomposition en une *déformation pure* (laissant invariant un système de n directions orthogonales deux à deux) et une *rotation* (laissant le ds^2 invariant).

On a encore, pour la variation d'un élément de volume et de la densité

$$(5) \qquad D(dx_1, \ldots, dx_n) = \sum_{i=1}^{n} u_{ii}(dx_1, \ldots, dx_n), \qquad D\rho + \rho \sum_{i=1}^{n} u_{ii} = 0,$$

équation de continuité.

On obtient facilement les systèmes linéaires qui définissent la *variation des éléments k-uples* (éléments infinitésimaux à k dimensions) : certains d'entre eux ont des propriétés remarquables; ceux qui correspondent aux éléments k-uples et $(n-k)$-uples deviennent adjoints (dualité), quand on multiplie par ρ les coordonnées de l'un des éléments.

2. Pour $n > 3$, il n'y a pas en général de vecteur tourbillon, mais seulement un *complexe tourbillon*, dont les ω_{ik} sont les coordonnées. Leurs variations sont :

$$(6) \qquad D\omega_{ik} = \omega'_{ik} + \sum_{h=1}^{n} (u_{hi}\omega_{kh} - u_{hk}\omega_{ih}) \qquad \left(2\omega'_{ik} = \frac{\partial D u_i}{\partial x_k} - \frac{\partial D u_k}{\partial x_i}\right).$$

On a, par suite, les formules

$$(7) \qquad D \sum_i \sum_k \omega_{ik}\, dx_i\, dx_k = \sum_i \sum_k \omega'_{ik}\, dx_i\, dx_k,$$

qui donnent la variation du *flux de tourbillon*. On peut considérer, sous le nom de *multiplicités de tourbillon*, celles qui correspondent à un flux de tourbillon toujours nul, c'est-à-dire dont les éléments 2-uples appartiennent au complexe tourbillon. Ce sont encore celles pour lesquelles la *circulation* $\int \sum_i u_i \, dx_i$ est nulle, pour tout circuit fermé réductible à zéro. Elles sont définies par l'équation

$$\sum_i \sum_k \omega_{ik} \, dx_i \, dx_k = 0, \tag{8}$$

dont la discussion résulte de ce fait, que la forme canonique du premier membre se déduit de celle de $\sum_i u_i \, dx_i$ par l'identité invariante ([1])

$$\sum_i du_i \, dx_i = \sum_i \sum_k \omega_{ik} \, dx_i \, dx_k. \tag{9}$$

D'après (8) la condition pour que les multiplicités de tourbillon se conservent est $\omega'_{ik} = \lambda \omega_{ik}$. Elle est réalisée s'il y a un potentiel des accélérations, cas où le flux de tourbillon lui-même se conserve. Les $\frac{\omega_{ik}}{\rho}$ se transforment alors comme les coordonnées d'un élément $(n-2)$-uple. Ce fait constitue la généralisation des *équations d'Helmholtz* et conduit à celle des *équations de Cauchy* :

$$\omega_{ik} = \frac{\rho}{\rho_0} \sum_i \sum_k \omega^0_{jh} \frac{\partial \Theta}{\partial \dfrac{\partial x_i}{\partial a_j} \dfrac{\partial x_k}{\partial a_h}} \qquad \left[\Theta = \frac{\partial(x_1, \ldots, x_n)}{\partial(a_1, \ldots, a_n)} \right]. \tag{10}$$

De là résulte le *théorème de Lagrange;* mais il résulte aussi dans le cas plus général $\omega'_{ik} = \lambda \omega_{ik}$, du fait que le système $\omega_{ik} = 0$ est invariant, à cause des équations (6).

Pour la variation de la circulation, on a

$$\mathrm{D} \sum_i u_i \, dx_i = \sum_i \mathrm{D} u_i \, dx_i + \frac{1}{2} d \Sigma u_i^2. \tag{11}$$

([1]) Un produit $dz_1 \ldots dz_p$ est ici un déterminant $\begin{vmatrix} d_1 z_1 & \ldots & d_1 z_p \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ d_p z_1 & \ldots & d_p z_p \end{vmatrix}$ où figurent p différentiations indépendantes. Cf. sur ce calcul, et l'identité (9), CARTAN, *Annales Éc. Norm. sup.*, 1899, p. 244 et 251.

De là, l'invariance de la circulation pour un circuit fermé, s'il y a un potentiel des accélérations; et l'existence du potentiel des accélérations $\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{2} \sum \left(\frac{\partial U}{\partial x_i}\right)^2$, s'il y a un potentiel des vitesses U.

4. L'interprétation précédente d'une transformation infinitésimale (2) est liée aux théories d'intégration des systèmes différentiels ordinaires :

$$(12) \qquad \frac{\partial x_i}{\partial t} = u_i(x_1, \ldots, x_n, t) \quad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Ainsi ρ est un facteur intégrant de Df. L'existence d'un potentiel des accélérations équivaut à celle de l'invariant intégral : flux de tourbillon, ou de l'invariant intégral relatif : circulation.

On sait aussi (¹) que, du point de vue de l'intégration rationnelle, le degré de spécialité du système (12) est caractérisé par la rationalité d'invariants différentiels rationnels de Df, où figurent, comme dérivées, celles de $x_1, \ldots, x_n$ par rapport à $a_1, \ldots, a_n$. Ces invariants expriment les propriétés géométriques du milieu fluide qui se conservent dans le mouvement. La nature de l'intégration dépend donc uniquement de celles de ces propriétés qui sont susceptibles d'une évaluation rationnelle.

MÉCANIQUE. — *Mouvement permanent lent d'une sphère liquide et visqueuse dans un liquide visqueux.* Note de M. **J. Hadamard**, présentée par M. H. Poincaré.

Les lois de la chute d'une sphère solide dans un liquide visqueux sont bien connues depuis Stokes.

Il n'en est pas de même lorsque la sphère tombante est elle-même supposée liquide.

Or cette question intervient dans des recherches qui conduisent à la détermination de la grandeur des atomes et qui ont conduit à une série d'importants travaux expérimentaux, où la loi de Stokes a été appliquée, et, d'autre part, comme l'a remarqué M. Perrin (²), rien ne prouve que

(¹) Cf. E. Vessiot, *Comptes rendus*, 8 nov. 1909; 20 juin 1910.

(²) *Comptes rendus*, 1er mai 1911, p. 1167; voir, dans le même numéro, la Communication de M. Roux, *sur la charge de l'électron*.

l'application de cette loi soit légitime, puisqu'elle a été établie pour le cas d'une sphère rigide.

Nous allons montrer que le problème peut se traiter par la méthode même de Stokes, du moins si, comme le faisait d'ailleurs Stokes lui-même, on suppose le mouvement assez lent pour pouvoir négliger les carrés des vitesses.

Les notations adoptées seront (sauf en ce qui regarde la pression, ainsi qu'il sera dit plus loin) celles de Basset (*Treatise on Hydrodynamics*, t. II, Chap. XX et XXI).

L'indice 1 se rapportera au liquide intérieur de la sphère. Nous désignerons par ρ, ρ_1 les deux densités; par μ, μ_1 les deux viscosités. Nous aurons à introduire deux *fonctions de courant* ψ, ψ_1 satisfaisant, puisque le mouvement doit être permanent aux équations [BASSET, *loc. cit.*, p. 270, formule (39)]

$$D^2\psi = D^2\psi_1 = 0, \tag{1}$$

où, avec les notations de Basset, p. 262,

$$D = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{\sin\theta}{r^2}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\right) \quad \text{[BASSET, p. 262, formule (13)].} \tag{2}$$

Les vitesses R, Θ suivant la direction du rayon vecteur et la direction perpendiculaire seront (dans le fluide extérieur) données par les formules [BASSET, p. 261, formule (13)]

$$R = \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}, \qquad \Theta = -\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\psi}{\partial r}. \tag{3}$$

Les vitesses analogues R_1, Θ_1 du fluide intérieur seront de même

$$R_1 = \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}, \qquad \Theta_1 = -\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}. \tag{3'}$$

La pression s'évaluera [1] à l'aide des formules (relatives respectivement aux deux milieux)

$$dQ = \frac{\mu}{\rho}\,\frac{1}{r\sin\theta}\left[r\frac{\partial(D\psi)}{\partial r}d\theta - \frac{1}{r}\frac{\partial(D\psi)}{\partial\theta}dr\right] = -d\left(gz + \frac{p}{\rho}\right), \tag{4}$$

$$dQ_1 = \frac{\mu_1}{\rho_1}\,\frac{1}{r\sin\theta}\left[r\frac{\partial(D\psi_1)}{\partial r} \quad - \frac{1}{r}\frac{\partial(D\psi_1)}{\partial\theta}dr\right] = -d\left(gz + \frac{p_1}{\rho_1}\right) \tag{5}$$

[BASSET, § 470, p. 243, et p. 262, formule (6)].

(1) On s'écarte ici des notations de Basset, p. 271, en explicitant l'influence de la pesanteur. Ce qui, à l'endroit cité de Basset, est désigné par p, est nommé ici $p + \rho g z$ ou $p_1 + \rho_1 g z$.

Nous devons admettre qu'à la surface de séparation, c'est-à-dire (en supposant que celle-ci reste sphérique) pour la valeur déterminée $r = a$, on a

$$R = R_1, \qquad \Theta = \Theta_1; \tag{6}$$

$$-p + 2\mu \frac{\partial R}{\partial r} = -p_1 + 2\mu_1 \frac{\partial R_1}{\partial r}; \tag{7}$$

$$\mu\left(r\frac{\partial \Theta}{\partial r} - \Theta + \frac{\partial R}{\partial \theta}\right) = \mu_1\left(r\frac{\partial \Theta_1}{\partial r} - \Theta_1 + \frac{\partial R_1}{\partial \theta}\right), \tag{8}$$

les relations (6) exprimant qu'il y a adhésion, pendant que (7) et (8) expriment (1) la transmission de l'effort [radial pour (7), tangentiel pour (8) d'un liquide à l'autre].

On va essayer de satisfaire à ces diverses conditions, en prenant, tant pour ψ que pour ψ_1, des expressions de la forme (Basset, p. 270),

$$\left(\frac{A}{r} + Br + Cr^2 = Dr^4\right)\sin^2\theta.$$

Pour les mêmes raisons qu'à l'endroit cité, les deux derniers termes doivent disparaître dans ψ. Au contraire, les deux premiers doivent disparaître dans ψ_1, afin que la vitesse soit finie au centre. Nous prendrons donc

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} \psi = \sin^2\theta\left(\dfrac{A}{r} + Br\right), \\ \psi_1 = \sin^2\theta(C_1 r^2 + D_1 r^4), \end{cases}$$

A, B, C_1, D_1 étant des coefficients constants.

Portant dans les équations (6) et (8), celles-ci se réduisent respectivement à

$$\frac{A}{a} + Ba = C_1 a^2 + D_1 a^4, \tag{α}$$

$$\frac{A}{a^2} - B = -2(C_1 a + 2D_1 a^3), \tag{β}$$

$$\frac{6\mu A}{a^3} = 6\mu_1 D_1 a^2. \tag{γ}$$

Le calcul de la relation (7) exige qu'on fasse, par les formules (4) et (5), celui de p et de p_1; ceci donne (puisque $z = r\cos\theta$)

$$p = \left(\rho g a + \frac{2\mu B}{a^2}\right)\cos\theta + \text{const.},$$
$$p_1 = (\rho_1 g a + 20 D_1 \mu_1 a)\cos\theta + \text{const.}$$

(1) Basset, p. 265, formule (23).

(7) fournit, dans ces conditions (en donnant aux constantes additives la même valeur), l'équation

$$(\delta) \qquad (\rho_1 - \rho) g a = -12 D_1 \mu_1 a + \mu\left(\frac{12 A}{a^4} + \frac{6 B}{a^2}\right).$$

Le mouvement de la sphère, tel qu'il est défini par la seconde formule (1) eu égard aux expressions (3') de R_1, Θ_1, peut être considéré comme la somme d'une translation générale de vitesse

$$(\text{II}) \qquad V = 2(C_1 + D_1 a^2)$$

et d'un mouvement additionnel M_1, qui, sur toute la surface $r = a$, est tangentiel [1]. Donc, dans nos hypothèses, la forme sphérique est conservée, et V, défini par la formule précédente, est la vitesse de chute qui doit figurer dans notre résultat final.

En résolvant les équations (α), (β), (γ), (δ), par rapport à A, B, C_1, D_1, et reportant dans (II), il vient

$$(\text{III}) \qquad (\rho_1 - \rho) g = \frac{9}{2}\mu \frac{V}{a_2} \frac{\left(\mu_1 + \frac{2}{3}\mu\right)}{\mu_1 + \mu}.$$

Si $\frac{\mu_1}{\mu}$ est très grand, on a sensiblement

$$(\rho_1 - \rho) g = \frac{9}{2}\mu \frac{V}{a^2}\left(1 - \frac{1}{3}\frac{\mu}{\mu_1}\right).$$

Pour $\mu = 0,01$ (eau); $\mu_1 = 0,00018$ [(air) [2]], le dernier facteur du second membre à la valeur $1 - 0,006$. C'est donc dans cette proportion que le rapport $\frac{\text{résistance}}{\text{vitesse}}$ est diminué par la fluidité de la goutte tombante.

La formule (III) présente, avec les résultats expérimentaux obtenus quant à présent (et encore inédits), de notables divergences. Il semble donc, jusqu'à nouvel ordre, que, dans les cas étudiés, les hypothèses classiques dont nous sommes parti doivent être modifiées.

---

(1) Les lignes de courant du mouvement M_1 ont pour équation générale

$$r^2(a^2 - r^2)\sin^2\theta = \text{const.}$$

Elles tournent autour d'un cercle situé dans le plan équatorial et de rayon $\frac{a}{\sqrt{2}}$.

(2) On néglige l'effet de la compressibilité de ce dernier.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la réalisation matérielle des liaisons.* Note de M. E. **Delassus**, présentée par M. P. Appell.

Les Communications récentes de M. Appell sur les systèmes matériels à liaisons non linéaires (*Comptes rendus*, 8 mai 1911, et *Circolo di Palermo*, t. XXXII), suggèrent les remarques suivantes :

1. Partant de la notion élémentaire de liaison directe (point fixe, axe fixe, contact avec ou sans glissement, etc.), nous dirons que *les liaisons*

$$(1) \qquad \theta_i(q, q', t) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, k)$$

d'un système S *sont réalisées matériellement si, au système* S, *on peut adjoindre un système* S_1 *tel que le système total* $S + S_1$ *ne soit soumis qu'à des liaisons directes desquelles résultent les relations* (1) *et rien qu'elles entre les q et les q'.*

Plus généralement, *si les liaisons* $\mathfrak{L}$ *du système* $S + S_1$ *fournissent entre les q et les q' les relations* (1) *et rien qu'elles, nous dirons qu'on réalise les liaisons* (1) *au moyen du système* S_1 *et des liaisons* $\mathfrak{L}$.

Soient $p_1, \ldots, p_m$ les paramètres de S_1. Les liaisons $\mathfrak{L}$ de $S + S_1$ pourront se mettre sous la forme

$$(2) \qquad \theta_1(q, q', t) = 0, \quad \ldots, \quad \theta_k(q, q', t) = 0,$$

$$(3) \qquad \omega_1(q, q', p, p', t) = 0, \quad \ldots,$$

l'élimination simultanée des p et p' dans les équations (3) étant impossible. Les fonctions ω sont distinctes relativement à l'ensemble des variables p, p', mais non forcément distinctes relativement aux variables p'. Cherchons les relations entre les q'' et p''. Nous obtiendrons d'abord toutes les relations entre les q'' déduites de (2), c'est-à-dire des liaisons de S. Mais si les équations (3) ne sont pas distinctes par rapport aux p', leurs dérivées ne seront pas distinctes par rapport aux p''; donc, par élimination des p'', pourront fournir des équations

$$\psi_1(q, q', q'', p, p', t) = 0 \quad \ldots,$$

ne contenant que les q'' et distinctes de celles provenant des liaisons de S. *Si de telles relations n'existent pas, nous dirons que le système* S_1 *et les liaisons* $\mathfrak{L}$ *réalisent les liaisons* (1) *jusqu'au second ordre; si elles existent, nous dirons que les liaisons* (1) *sont réalisées seulement jusqu'au premier ordre.*

2. Considérons un système S soumis à des liaisons *non linéaires* exprimées par les équations (1) que nous supposerons d'abord homogènes aux q' (fait qui existe forcément si ces liaisons sont indépendantes du temps). On peut écrire ces équations sous la forme

$$(4) \qquad \varphi_i\left(q_1, \ldots, q_n, \frac{q'_1}{q'_n}, \ldots, \frac{q'_{n-1}}{q'_n}, t\right) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, k).$$

Certaines d'entre elles peuvent ne pas contenir $\frac{q'}{q'_n}$ et les autres permettront d'exprimer les $\frac{q'}{q'_n}$ en fonction d'un certain nombre de paramètres indépendants $p_1, \ldots, p_m$.

Le système (4) sera alors rigoureusement équivalent à un système de la forme

$$(5) \qquad \begin{cases} f_1(q, t) = 0, \qquad \ldots, \\ q'_1 = q'_n \Psi_1(q, p, t), \qquad \ldots, \qquad q'_{n-1} = q'_n \Psi_{n-1}(q, p, t). \end{cases}$$

Imaginons alors, d'une façon quelconque, un système matériel S_1 dépendant de m paramètres indépendants $p_1, \ldots, p_m$; considérons le système formé par l'ensemble de S_1 et de S où les paramètres q sont laissés indépendants et assujettissons le système $S + S_1$, défini par les paramètres indépendants q, p, aux liaisons exprimées par les formules (5). Comme ces équations sont linéaires aux q', p' et qu'il en résulte, entre les q et les q', les relations (4) et rien qu'elles, nous voyons que les liaisons non linéaires (4) sont réalisées au moyen de S_1 et des liaisons linéaires (5).

Supposons maintenant que les équations (1) ne soient pas homogènes par rapport aux q', elles permettraient d'exprimer les q' en fonction de certains paramètres p, c'est-à-dire de mettre le système (1) sous la forme équivalente

$$(6) \qquad \begin{cases} f_1(q, t) = 0, \qquad \ldots, \\ q'_1 = \zeta_1(q, p, t), \qquad \ldots, \qquad q'_n = \zeta_n(q, p, t), \end{cases}$$

qui, ne contenant que des équations linéaires par rapport aux dérivées, permettrait de reprendre le raisonnement précédent. On aurait pu opérer de cette façon pour le cas des équations homogènes, mais le procédé employé dans ce cas particulier montre que les liaisons non linéaires indépendantes du temps peuvent être réalisées au moyen de liaisons linéaires également indépendantes du temps. Nous avons donc ce résultat général:

Les liaisons non linéaires peuvent toujours se réaliser au moyen de liaisons linéaires.

Mais nous remarquerons que la réalisation qu'on est assuré de pouvoir trouver est *une réalisation qui ne va que jusqu'au premier ordre*, car la seconde série d'équations (6) fournit n relations distinctes entre les q'', tandis que les équations (1) ne peuvent en fournir que k.

3. Les liaisons non linéaires pouvant être réalisées au moyen de liaisons linéaires auxquelles s'applique le principe de Dalembert, il semble en résulter que le principe général de M. Appell est une conséquence du principe de Dalembert appliqué au système $S + S_1$, quand on suppose la portion S_1 *sans masse*.

Cette conclusion est inexacte.

Le principe des travaux virtuels, par son postulat sur le travail des forces de liaisons, et le principe de M. Appell fournissent les équations du mouvement par la seule considération des équations de liaisons; c'est ce que nous appellerons le *mouvement abstrait* du système, mouvement complètement déterminé par ses *conditions initiales propres*, c'est-à-dire par ses seules conditions initiales de position et de vitesses.

Supposons qu'on ait réalisé les liaisons au moyen d'un système auxiliaire S_1 que nous pouvons constituer matériellement d'une façon absolument arbitraire, puis qu'on réduise dans un même rapport ε les masses de toutes les molécules de S_1. Le mouvement du système $S + S_1$ tendra vers un mouvement limite quand ε tendra vers zéro, et ce mouvement limite de S étant celui dont on peut avoir une réalisation effective aussi approchée que l'on voudra pourra être appelé le *mouvement concret* de S.

Au système $S + S_1$, qui n'a que des liaisons linéaires, nous pouvons appliquer indifféremment l'un ou l'autre des deux principes. Prenons celui de M. Appell.

Soit R la fonction de M. Appell relative à S. La fonction analogue relative à S_1 sera, puisqu'il n'y a pas de forces agissant sur ce système, l'énergie d'accélération de S_1, donc contiendra ε en facteur, et l'on aura pour $S + S_1$

$$\mathcal{R} = R(q, q', q'', t) + \varepsilon R_1(p, p', p'', t).$$

Les équations de liaisons de $S + S_1$ permettent d'exprimer un certain nombre de q'' et p'' en fonction des autres sous la forme $f(q''_1, \ldots, q''_\lambda)$ pour les q'' et $\varphi(q''_1, \ldots, q''_\lambda; p''_1, \ldots, p''_\mu)$ pour les p'', en remarquant que, *si la réalisation est du second ordre, les p et p' ne figurent pas dans les expressions f et $\lambda = n - k$, tandis que si la réalisation ne va que jusqu'au premier ordre on a $\lambda < n - k$, et les p, p' figurent généralement dans ces fonctions*. La fonc-

tion $\mathcal{R}$ prend alors la forme

$$\mathcal{R} = R'(q''_1, \ldots, q''_\lambda) + \varepsilon R'_1(q''_1, \ldots, q''_\lambda; p''_1, \ldots, p''_\mu),$$

donnant les équations du mouvement

$$\frac{\partial R'}{\partial q''_i} + \varepsilon \frac{\partial R'_1}{\partial q''_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, \lambda),$$

$$\varepsilon \frac{\partial R'_1}{\partial p''_j} = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, \mu).$$

Si petit que soit ε, les secondes se réduisent toujours à

$$\frac{\partial R'_1}{\partial p''_j} = 0;$$

elles auront donc encore lieu à la limite et les équations du mouvement concret seront

$$(7) \qquad \frac{\partial R'}{\partial q''_i} = 0, \qquad \frac{\partial R'_1}{\partial p''_j} = 0.$$

Supposons d'abord que la réalisation soit du second ordre; alors les expressions des q'' substituées dans R sont celles déduites uniquement de S, de sorte que les équations fournies par R' ne contiennent que les inconnues q et sont précisément les équations de M. Appell définissant le mouvement abstrait de S.

Supposons au contraire que la réalisation soit seulement du premier ordre, la fonction R' contiendra les p et les p', de sorte que la détermination indépendante des q et des p ne pourra plus se faire; il faudra intégrer l'ensemble des équations (7) c'est-à-dire un système qui, à cause de R'_1 dépendra de la constitution de S_1 et il faudra, pour déterminer une intégrale, avoir tous les $(q)_0, (p)_0, (q')_0, (p')_0$. Si l'on se donne les $(q)_0, (q')_0$ satisfaisant aux équations (1), les équations de liaison (3) de $S + S_1$ feront connaître au plus m des quantités $(p)_0$, $(p')_0$ en fonction des autres qui resteront arbitraires. On peut donc dire :

Pour toute réalisation du second ordre des liaisons d'un système matériel, le mouvement concret est indépendant de la constitution matérielle du système auxiliaire; il est complètement déterminé par ses conditions initiales propres et coïncide toujours avec le mouvement abstrait.

Si la réalisation n'a lieu que jusqu'au premier ordre, le mouvement concret dépend de la constitution matérielle du système auxiliaire, ne coïncide pas

avec le mouvement abstrait et n'est pas complètement déterminé par ses conditions initiales propres.

Par exemple, la liaison finie qui oblige un point matériel à rester dans un plan fixe pourra être réalisée par des corps sans masse de façon que les trajectoires du point, sur lequel aucune force n'agit, soient non plus des droites, mais des courbes.

4. Des remarques analogues s'appliqueraient au cas de l'équilibre, car *l'équilibre concret* s'obtient en annulant les q' et les q'', les p pouvant continuer à être variables. Si la réalisation est du second ordre on retrouve *l'équilibre abstrait;* si elle est du premier ordre seulement on trouve des conditions d'équilibre moins restrictives et dépendant, à cause du mouvement de S_1, de la constitution matérielle du système auxiliaire.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les discontinuités du premier ordre dans le mouvement des fils flexibles.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. P. Appell.

Supposons une discontinuité du premier ordre par rapport aux coordonnées x, y, z [1]; elle sera, en général, d'ordre zéro par rapport à α, β, γ, $\frac{\partial(x, y, z)}{\partial t}$, ρ, Θ et l'on aura les formules

$$\delta \frac{\partial(x, y, z)}{\partial \omega} = (\lambda, \mu, \nu), \tag{1}$$

$$\delta \frac{\partial(x, y, z)}{\partial t} = -(\lambda, \mu, \nu) V_0. \tag{2}$$

La vitesse de propagation V, mesurée sur l'état actuel, est susceptible de deux valeurs V_1 ou V_2, suivant que la propagation se fait de la région 2 vers la région 1 ou en sens inverse, et l'on a

$$(\rho_1 V_1, \rho_2 V_2) = \rho_0 V_0. \tag{3}$$

L'équation fondamentale de l'Énergétique

$$\delta\varpi_e + \delta\varpi_p + \delta J - \delta_T \mathcal{F} = 0,$$

qui conduit aux équations de mouvement, n'a de sens que si les accélé-

---

[1] Pour les notations, voir nos Notes des 6 mars et 8 mai 1911.

rations sont finies à chaque instant. Pour l'appliquer au cas actuel, nous pouvons suivre la même marche que M. Duhem dans la théorie des ondes de choc([1]), et, moyennant des hypothèses analogues, on reconnait qu'on doit avoir dans toute modification virtuelle

$$(4)\qquad \left[\rho_0 V_0 \delta \frac{\partial x}{\partial t} + \delta(\Theta\alpha)\right]\delta x + \left[\rho_0 V_0 \delta \frac{\partial y}{\partial t} + \delta(\Theta\beta)\right]\delta y + \left[\rho_0 V_0 \delta \frac{\partial z}{\partial t} + \delta(\Theta\gamma)\right]\delta z - \Lambda\left(\alpha \frac{d\,\delta x}{ds} + \beta \frac{d\,\delta y}{ds} + \gamma \frac{d\,\delta z}{ds}\right) V\,\delta\rho = 0,$$

les quantités Λ, α, β, γ, V, qui figurent dans le dernier terme, devant être affectées des indices 1 ou 2, suivant que la discontinuité se propage de la région 2 vers la région 1 ou en sens inverse; $\delta(x, y, z)$ désignent les composantes du déplacement virtuel au point de discontinuité. Nous avons deux cas à distinguer suivant que le fil est parfait ou affecté de viscosité.

I. Supposons le fil parfait ($\Lambda = 0$); l'équation (4) doit être vérifiée quels que soient $\delta(x, y, z)$, ce qui exige qu'on ait, d'après les formules (2),

$$(5)\qquad (\lambda, \mu, \nu)\rho_0 V_0^2 - \delta[\Theta(\alpha, \beta, \gamma)] = 0.$$

Or on a évidemment

$$(6)\qquad \left\{\begin{array}{l} \delta(\Theta\alpha) = \Theta_2\delta\alpha + \alpha_1\delta\Theta = \Theta_1\delta\alpha + \alpha_2\delta\Theta, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{array}\right.$$

et aussi, d'après les expressions mêmes de α, β, γ et les formules (1),

$$(7)\qquad \left\{\begin{array}{l} \rho_0\delta\alpha = \rho_2\lambda + \frac{\rho_0}{\rho_1}\alpha_1\delta\rho = \rho_1\lambda + \frac{\rho_0}{\rho_2}\alpha_2\delta\rho, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right.$$

D'après cela, les égalités (5) peuvent s'écrire sous les deux formes équivalentes

$$(8)\qquad \left\{\begin{array}{l} (\lambda, \mu, \nu)(\rho_0^2 V_0^2 - \rho_2\Theta_2) - \rho_0(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)\left(\delta\Theta + \Theta_2\frac{\delta\rho}{\rho_1}\right) = 0, \\ (\lambda, \mu, \nu)(\rho_0^2 V_0^2 - \rho_1\Theta_1) - \rho_0(\alpha_2, \beta_2, \gamma_2)\left(\delta\Theta + \Theta_1\frac{\delta\rho}{\rho_2}\right) = 0, \end{array}\right.$$

([1]) Duhem, *Recherches sur l'Hydrodynamique*, deuxième Partie, Chap. I.

d'où nous déduisons

$$(9)\qquad \begin{cases} \dfrac{\alpha_1}{\alpha_2}=\dfrac{\beta_1}{\beta_2}=\dfrac{\gamma_1}{\gamma_2}=\pm 1=k, \\ \dfrac{\lambda}{(\alpha_1,\alpha_2)}=\dfrac{\mu}{(\beta_1,\beta_2)}=\dfrac{\nu}{(\gamma_1,\gamma_2)}. \end{cases}$$

La discontinuité est donc longitudinale, mais il y a deux cas à distinguer :

Si $k=+1$, on a $\delta(\alpha,\beta,\gamma)=0$: la discontinuité est au moins du premier ordre pour les cosinus. Les formules (6) et (7) donnent

$$(10)\qquad \begin{aligned} &\delta[\Theta(\alpha,\beta,\gamma)]=(\alpha,\beta,\gamma)\,\delta\Theta, \\ &\rho_1\rho_2(\lambda,\mu,\nu)+\rho_0(\alpha,\beta,\gamma)\,\delta\rho=0, \end{aligned}$$

de sorte que les égalités (5) deviennent

$$(\lambda,\mu,\nu)(\rho_0^2V_0^2\,\delta\rho+\rho_1\rho_2\,\delta\Theta)=0,$$

d'où l'on déduit, d'après les formules (3),

$$V_1=-\sqrt{-\frac{\rho_2}{\rho_1}\frac{\delta\Theta}{\delta\rho}},\qquad V_2=+\sqrt{-\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\delta\Theta}{\delta\rho}}.$$

Ces formules sont analogues à celles données en Hydrodynamique par MM. Jouguet et Duhem.

Si $k=-1$, le point de discontinuité est un point de rebroussement : les formules (6) et (7) nous donnent

$$2\delta[\Theta(\alpha,\beta,\gamma)]=(\Theta_1+\Theta_2)\,\delta(\alpha,\beta,\gamma),\qquad \rho_0(\rho_1+\rho_2)\,\delta(\alpha,\beta,\gamma)=2\rho_1\rho_2(\lambda,\mu,\nu),$$

de sorte que les égalités (5) deviennent

$$(\lambda,\mu,\nu)\left(\rho_0^2V_0^2-\rho_1\rho_2\frac{\Theta_1+\Theta_2}{\rho_1+\rho_2}\right)=0.$$

Nous en déduisons

$$(11)\qquad V_1=-\sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}\frac{\Theta_1+\Theta_2}{\rho_1+\rho_2}},\qquad V_2=+\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\Theta_1+\Theta_2}{\rho_1+\rho_2}}.$$

II. Supposons le fil affecté de viscosité ($\Lambda\neq 0$). L'équation (4) exige qu'outre les égalités (5) on ait $\delta\rho=0$; effaçons donc $\delta\rho$ dans les égalités (7), (8) et (10).

Si $k=+1$, les égalités (10) montrent que $(\lambda,\mu,\nu)=0$; on a aussi $\delta\Theta=0$, d'après les égalités (8). La discontinuité est donc d'ordre supérieur.

Si $k=-1$, comme on a simplement $\rho V=\rho_0 V_0$, les formules (11) se

réduisent à

$$V = \pm \sqrt{\frac{\Theta_1 + \Theta_2}{2\rho}}.$$

PHYSIQUE. — *Diminution progressive du rendement en ultraviolet des lampes en quartz à vapeur de mercure, fonctionnant à haute température.* Note de MM. **Jules Courmont** et **Ch. Nogier**, présentée par M. A. Chauveau.

On sait, depuis les travaux de Küch et Retchinsky, que les lampes à vapeur de mercure, à tube de quartz, donnent, *à haute température*, une lumière très riche en rayons ultraviolets.

Ce régime serait excellent si les effets restaient constants. L'expérience prouve qu'il n'en est rien.

Déjà Bordier, traitant de la quantitométrie des rayons ultraviolets (1), avait attiré l'attention sur l'importance de l'âge de ces lampes. Il avait trouvé que des lampes à vapeur de mercure, chauffant au rouge et *usagées*, pouvaient émettre notablement moins de rayons ultraviolets qu'une lampe *neuve* (jusqu'à sept fois moins dans une expérience).

Nous avons cherché à vérifier ce fait, si important au point de vue des applications pratiques et à l'approfondir.

I. *Recherches physiques.* — A l'aide d'un spectrographe de Féry, à prisme et à lentille de quartz, nous avons fait toute une série de spectres de lampes à mercure, à tubes de quartz. A haute température, on sait que ces lampes émettent un double spectre, spectre *continu*, sur lequel vient se broder un spectre de *raies* caractéristique.

L'avantage principal des lampes fonctionnant à haute température est l'obtention du spectre continu.

Or, nous avons constamment trouvé que les lampes usagées émettaient *un spectre de raies un peu moins intense* que les lampes neuves, mais surtout que les lampes usagées donnaient *un spectre continu beaucoup moins intense* que les lampes neuves, surtout au-dessous de la longueur d'onde 2536 A.

La diminution du rendement en radiations ultraviolettes porte donç, avec le temps, surtout sur le spectre produit par le fonctionnement de la lampe à haute température.

II. *Recherches chimiques.* — Nous avons exposé devant des lampes à vapeur de mercure, de même forme, de même longueur et fonctionnant sous le même régime (135 volts, 4 ampères) des bandelettes de papier photographique au ferrocyanure de

(1) Bordier, *Archives d'électricité médicale,* 1910, p. 396.

potassium et des bandelettes de papier-filtre imprégné d'une solution de ferrocyanure de potassium à 20 pour 100 (réactif de Bordier).

Dans toutes les expériences, la coloration du papier réactif, exposé pendant le même temps et à la même distance, a été considérablement plus faible avec les lampes usagées qu'avec les lampes neuves.

Le pouvoir photochimique des lampes en quartz, fonctionnant à haute température, diminue donc progressivement avec le temps.

III. *Recherches biologiques.* — L'un de nous a exposé son avant-bras (face antérieure) au faisceau total émanant de lampes à vapeur de mercure fonctionnant à haute température, neuves et usagées. L'irradiation dura 180 secondes à 23^{cm} des lampes.

La lumière des lampes *neuves* provoqua une destruction de l'épiderme, avec inflammation vive, phlyctènes, vésication. La lumière des lampes *usagées* provoqua une réaction très légère, un érythème peu accentué, sans phlyctènes, ni vésication.

Le pouvoir abiotique des lampes en quartz, fonctionnant à haute température, décroît donc progressivement à mesure que la lampe vieillit.

IV. La *cause* de cette diminution progressive du rendement en rayons très réfrangibles de ces lampes, *lorsqu'elles fonctionnent à haute température*, est difficile à déterminer exactement. Elle semble due à une modification de la paroi *intérieure* du tube de quartz, qui se recouvre peu à peu d'un enduit grisâtre (peut-être de silicate de mercure : Bordier et Morel). Elle pourrait aussi être due à une modification de la composition gazeuse du milieu où se produit l'incandescence de la vapeur du mercure. Elle ne peut être rattachée à des ternissures de la paroi extérieure, les lampes ayant été rigoureusement nettoyées à l'extérieur avant les expériences.

V. Les *conséquences* de ces constatations sont pratiquement très importantes :

1° Il ne faut pas compter sur la constance du rendement lumineux et ultraviolet des lampes en quartz, *si elles fonctionnent à haute température;*

2° L'action physique, chimique, biologique et abiotique des lampes, soumises à ce régime, va en décroissant à dater du jour de leur mise en service;

3° L'altération est intérieure à la lampe et indélébile;

4° Il faut donc *éviter l'élévation de la température du quartz, en refroidissant convenablement les lampes pendant leur fonctionnement.*

PHYSIQUE. — *Photomètre pratique pour le contrôle du pouvoir lumineux des becs servant à l'éclairage public ou privé.* Note de M. **Henri Malosse**, présentée par M. Armand Gautier.

Ce photomètre consiste essentiellement en deux prismes de verre fumé, associés à des prismes de verre ordinaire de manière à constituer ensemble deux lames à face parallèles que l'on peut faire glisser l'une devant l'autre horizontalement et en sens inverses, par crémaillère et pignon denté, à la façon du compensateur de Soleil.

Ce système représente un milieu absorbant dont l'épaisseur est susceptible de varier depuis une valeur à peu près nulle jusqu'à une valeur suffisante pour empêcher de percevoir des caractères typographiques tracés sur verre noirci et éclairés par transparence au moyen de la source dont il s'agit de contrôler le pouvoir lumineux.

Le déplacement des prismes entraîne celui d'une réglette graduée devant un index.

Les prismes sont logés dans une boîte parallélépipédique de 15^{cm}, 8^{cm} et 4^{cm} de côtés. Chacune des deux grandes faces opposées de cette boîte est percée d'une ouverture centrale. L'une de ces ouvertures présente un œilleton derrière lequel se place l'œil de l'observateur ; l'autre porte un système de deux tubes dont le premier, fixe, est muni, à son extrémité vissée sur la paroi de la caisse, d'une lentille positive de 16 dioptries, tandis que le deuxième, qui peut coulisser dans le premier par crémaillère et pignon, se termine, du côté de la lentille, par le verre noirci sur lequel sont tracés les caractères typographiques.

Ceux-ci représentent ainsi un objet susceptible d'être amené dans le plan focal ou de part et d'autre du plan focal de la lentille, ce qui permet à l'observateur, quel que soit l'état de sa réfraction oculaire, de voir nettement la mire dans tout le parcours de son accommodation.

Pour opérer, l'observateur se place à une distance déterminée et constante du support de la lanterne qui renferme la source lumineuse à contrôler, puis, visant vers celle-ci à travers le photomètre, après avoir convenablement réduit l'épaisseur des prismes fumés et fait coulisser le tube qui porte les caractères typographiques jusqu'au point où l'accommodation lui permet de voir le plus nettement ces derniers, il augmente progressivement l'épaisseur de verre absorbant et s'arrête enfin au point où l'intensité lumineuse transmise est devenue trop faible pour lui permettre de distinguer encore les lettres.

Il lit alors la division de l'échelle qui se trouve en regard de l'index. Cette division lui fait connaître, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une table empiriquement construite à l'avance pour chaque appareil, le

pouvoir éclairant, généralement exprimé en carcels, de la source soumise à l'essai.

Il pourrait paraître plus simple de supprimer dans ce photomètre la lentille et les caractères typographiques et de baser l'observation sur la disparition de la source lumineuse elle-même, vue à travers une épaisseur graduellement croissante de verre fumé, suivant le principe du lactoscope de Donné; mais des essais comparatifs ont démontré que les résultats ainsi obtenus présentaient bien moins d'exactitude.

PHYSIQUE. — *Trieur par synchronisation.* Note de M. A. **Guillet**, présentée par M. G. Lippmann.

Problème général. — Sous des formes variées, la *synchronisation* permet de résoudre d'une manière parfaite le problème expérimental suivant:

Reproduire périodiquement aux époques $t + n\tau$, un même phénomène P et suivre, en l'intégrant en *tout ou partie*, l'un de ses effets $p_1, p_2, \ldots$.

Le phénomène P doit être considéré dans son ensemble, c'est-à-dire lorsqu'il commence, en régime permanent, et lorsqu'il cesse.

Exemple. — Il faut établir, puis supprimer périodiquement le courant qui alimente un transformateur et intégrer les effets des courants induits liés soit à l'apparition, soit à la disparition du courant inducteur. Ce problème, qui se présente souvent dans la technique des mesures électriques, a été résolu au moyen de commutateurs tournants *trieurs* ou *redresseurs;* mais de telles combinaisons ne constituent qu'une solution approchée, car, en raison des variations inévitables de la vitesse angulaire du moteur, elles n'assurent pas *spontanément* la périodicité τ du phénomène.

Vibrateur. — Il est donc naturel de chercher à utiliser un vibrateur à oscillations *isochrones.* Mais un seul vibrateur ne suffit pas, car, s'il commande *directement* les contacts qui livrent respectivement passage aux courants inducteur et induits, ou bien les deux groupes de courants induits seront admis dans le galvanomètre, ou bien aucun d'eux n'y parviendra. On constate en effet, après avoir tracé la sinusoïde relative au vibrateur et y avoir marqué les points qui correspondent au jeu des contacts, que l'une des cordes est toujours intérieure à l'autre.

Il n'en est plus de même si l'on emploie deux vibrateurs de période τ présentant une différence de phase φ; les deux cordes n'ont plus alors le même axe de symétrie. Selon le signe de φ le galvanomètre recevra les courants induits à l'ouverture ou à la fermeture de l'inducteur; ou encore l'on substi-

tuera l'un des groupes d'induits à l'autre en permutant le rôle des deux vibrateurs.

Synchronisation. — Comme il est impossible de construire deux vibrateurs de même période τ fonctionnant d'une manière indépendante, on ne peut satisfaire aux conditions à remplir : identité de période, invariabilité de la phase φ arbitrairement choisie, qu'en opérant par synchronisation.

On est ainsi conduit à utiliser deux vibrateurs V_1 de période τ_1, V_2 de période τ_2, installés de façon que V_1 entretienne électriquement son mouvement et entretienne également celui de V_2 par le jeu d'une action synchronisante. Cette action est fournie par la mise en série ou en dérivation des deux électros d'entretien, ou encore au moyen d'impulsions produites sur V_2 à l'aide d'un transformateur dont l'inducteur est commandé par V_1. On règle l'appareil par le déplacement de masses solidaires de V_1 et de V_2, ou par le jeu de rhéostats qui modifient l'intensité des courants d'entretien et par suite les amplitudes et les durées τ_1, τ_2. L'électro du vibrateur synchronisé porte un enroulement spécial destiné à produire un champ permanent et par suite un amortissement facile à graduer.

Il est indispensable, d'autre part, de pouvoir estimer la valeur de la différence de phase φ, afin d'amener φ à une valeur déterminée, $\frac{\pi}{2}$ par exemple. Pour cela les vibrateurs V_1 et V_2 portent chacun une lame d'aluminium percée d'un petit trou et d'une fente étroite. A l'équilibre les deux fentes sont en regard en O, mais, la synchronisation établie, les fentes sont en coïncidence en deux azimuts symétriques par rapport à O. En éclairant les lames et projetant leur surface sur un écran, on obtiendra donc deux traits lumineux, horizontaux par exemple, dont les longueurs mesurent le double des amplitudes a_1 et a_2 des vibrateurs et deux traits fixes verticaux dont la distance δ est liée aux amplitudes a_1, a_2 et à la différence de phase φ. En représentant les vibrations de V_1 et de V_2 par les mouvements circulaires des mobiles M_1 et M_2 de période τ_1, τ_2 et remarquant que les fenêtres coïncident lorsque la corde M_1M_2 est perpendiculaire au diamètre sur lequel les mobiles M_1 et M_2 sont projetés, on a immédiatement

$$\delta = \frac{2a_1a_2\sin\varphi}{\sqrt{a_1^2+a_2^2-2a_1a_2\cos\varphi}}.$$

Théorie. — Dans le cas où les vibrateurs combinés satisfont à la loi du mouvement sinusoïdal amorti :

$$\theta = e^{-\lambda t}(A\cos\omega t + B\sin\omega t). \tag{1}$$

et à l'équation du second ordre correspondante, il est facile, en procédant par impulsions, de déterminer l'influence de chacun des facteurs d'un trieur donné sur le régime atteint.

Dire qu'un état de régime périodique est atteint, c'est dire qu'aux époques t, $t+\tau_1$, etc., le vibrateur V_2 occupe la même position θ_0 à laquelle il arrive avec la même vitesse θ'_0. En exprimant ces deux conditions on obtient deux équations du premier degré qui fournissent θ_0 et θ'_0:

$$(1)\quad \omega\theta_0 = \varepsilon\frac{e^{-\lambda\tau_1}\sin\omega\tau_1}{1-2e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega\tau_1+e^{-2\lambda\tau_1}};\qquad \theta'_0+\lambda\theta_0=\varepsilon\frac{1-e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega\tau_1}{1-2e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega\tau_1+e^{-2\lambda\tau_1}},$$

L'expression de la variation de vitesse angulaire ε, due à chaque impulsion, dépend de la nature du vibrateur V_2 et de sa configuration à l'époque de l'impulsion.

Connaissant ε, on exprime à l'aide de (I) l'amplitude $\mathcal{A}$ de la vibration synchronisée, ainsi que sa phase ψ, on a

$$\operatorname{tang}\psi = \frac{e^{-\lambda\tau_1}\sin\omega\tau_1}{1-e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega\tau_1}.$$

Tant que ε n'influe pas sur τ_1 et τ_2, la phase ψ n'est altérée que par la variation de l'amortissement λ et par le déplacement des masses si ce déplacement modifie le rapport $\frac{\tau_1}{\tau_2}$.

Vérification expérimentale. — J'ai construit un trieur par synchronisation au moyen de deux diapasons, et vérifié toutes les conséquences de la théorie précédente. Mais comme les mouvements des contacts sont insensibles, il était indispensable de vérifier directement que la séparation des courants induits était complète et l'intégration de l'un des groupes entière.

Pour cela les courants triés ont été dirigés dans un galvanomètre à cadre très sensible; le cadre prend alors une position *rigoureusement fixe* dans l'azimut Θ.

Comme dans ce cas, et pour un champ ψ uniforme, l'impulsion ε' appliquée au cadre de surface S, d'inertie $\mathfrak{I}$ et de période $T=\frac{2\pi}{\omega'}$, a pour valeur

$$\varepsilon' = \frac{S\psi q}{\mathfrak{I}}\cos\Theta,$$

on a d'après (1), λ étant relatif au cadre,

$$\omega'\Theta = \frac{S\psi q}{\mathfrak{I}}\cos\Theta\,\frac{e^{-\lambda\tau_1}\sin\omega'\tau_1}{1-2e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega'\tau_1+e^{-2\lambda\tau_1}}.$$

Si Δ est l'angle d'impulsion relatif à une seule charge induite q, on peut écrire

$$\frac{\Delta}{\Theta} = \cos^{-1}\Theta e^{-\lambda\frac{\varphi}{\omega'}} \sin\varphi \left(\frac{1 - 2e^{-\lambda\tau_1}\cos\omega'\tau_1 + e^{-2\lambda\tau_1}}{e^{-\lambda\tau_1}\sin\omega'\tau_1}\right), \qquad \tang\varphi = \frac{\omega'}{\lambda}.$$

Cette relation se vérifie avec la plus grande perfection, et en modifiant dans une large mesure la résistance du circuit, l'inertie du cadre, etc. Dans le cas où l'on peut négliger λ^2 et $\left(\frac{\tau_1}{T}\right)^3$, on a à vérifier la relation plus simple

$$\frac{\Theta}{\Delta} = \frac{T}{2\pi}\frac{1}{\tau_1}\frac{e^{\lambda\frac{\varphi}{\omega'}}}{\sin\varphi}.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode pour déterminer le rapport* γ *des chaleurs spécifiques* C *et* c *des vapeurs.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

L'extrême difficulté de la détermination expérimentale du rapport γ pour les vapeurs a pour conséquence l'incohérence des résultats obtenus par les divers expérimentateurs. C'est ainsi que pour la vapeur d'éther, les valeurs de $\gamma - 1$ inscrites dans les Tables de Landolt varient de 0,024 à 0,112.

Aussi m'a-t-il paru intéressant de fonder une méthode qui permît de calculer γ avec une précision de l'ordre du centième.

Soit une vapeur prise à la température absolue T sous la pression p, qui se détend adiabatiquement et sans condensation jusqu'à la pression p', la température devenant T'. Je me propose seulement ici de calculer la *valeur moyenne* de γ définie par l'équation

$$(1) \qquad \frac{p'}{p} = \left(\frac{T'}{T}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}.$$

Bien qu'il soit commode de considérer séparément les deux cas qui se présentent suivant que la vapeur saturante se condense partiellement par la détente (cas général) ou qu'au contraire elle se surchauffe (éther), j'ai réuni, pour abréger, les deux cas dans une démonstration unique.

Faisons parcourir à l'unité de masse du corps le cycle suivant, d'une manière réversible :

1° (AB). — On chauffe le liquide de T_2 à T_1 sous la pression (variable) de sa vapeur saturante.

2° (BC). — On le vaporise à T_1 sous la pression constante p_1.

3° (CD). — La vapeur primitivement saturante est détendue isothermiquement jusqu'à une pression convenable p', afin d'éviter la condensation dans l'opération suivante.

4° (DE). — Elle se détend adiabatiquement jusqu'à T_2 et prend une pression $p'' \leqq p_2$ (pression de saturation à T_2).

5° (EF). — On la comprime isothermiquement de p'' à p_2.

6° (FA). — On la condense complètement à T_2.

Soient L la chaleur latente de vaporisation et $c = a + bT$ la chaleur spécifique vraie du liquide à T°; Q_1 et Q_2 les quantités de chaleur évoluées suivant CD et EF. Écrivons que la variation d'entropie le long du cycle est nulle.

$$(2) \qquad a \,\mathfrak{L}\frac{T_1}{T_2} + b(T_1 - T_2) + \frac{L_1}{T_1} + \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} - \frac{L_2}{T_2} = 0.$$

Il conviendrait de représenter l'état de la vapeur par la formule

$$\left(p + \frac{\beta}{T v^2}\right)(v - \alpha) = RT,$$

et par suite la quantité de chaleur Q_1, par exemple, par

$$Q_1 = \frac{RT_1}{J}\,\mathfrak{L}\frac{v' - \alpha}{v_1 - \alpha} + \frac{\beta}{JT_1}\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v'}\right).$$

Mais on peut, dans une première approximation, appliquer à la vapeur la loi des gaz parfaits, ce qui donne

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{R}{JM}\,\mathfrak{L}\frac{p_1}{p'},$$

M étant la masse moléculaire de la vapeur, et $R = 832.10^5$ C.G.S.

On a donc

$$(3) \qquad \log\frac{p_1}{p'} - \log\frac{p_2}{p''} = \frac{0,4343}{1,98} M\left[\frac{L_2}{T_2} - \frac{L_1}{T_1} - a\,\mathfrak{L}\frac{T_1}{T_2} - b(T_1 - T_2)\right] = A.$$

Il faut remarquer que, grâce à l'assimilation de la vapeur au gaz parfait, γ devient indépendant de la pression et n'est pas affecté par le voisinage de la liquéfaction.

On peut donc, suivant le cas, partir de la saturation ($p' = p_1$, cas de l'éther) ou bien détendre jusqu'à la saturation ($p' = p_2$, cas général).

Applications numériques. — I. *Éther.* — Des équations (1) et (3) on déduit

(1 *bis*) $$\log p_1 - \log p'' = \frac{\gamma}{\gamma - 1}(\log T_1 - \log T_2),$$

(3 *bis*) $$\log p_2 - \log p'' = A \qquad (A \text{ étant ici} < 0).$$

(4) $$\frac{\gamma}{\gamma - 1} = \frac{\log p_1 - \log p_2 - A}{\log T_1 - \log T_2}.$$

Soit la détente de 100° à 20°. On a sensiblement $c = 0{,}00195\,T$:

$$L_1 = 77^{Cal},6, \quad L_2 = 92^{Cal},1, \quad p_1 = 485^{cm},9, \quad p_2 = 44^{cm},24.$$

On trouve

$$\gamma = 1,06.$$

II. *Cas général.* — L'équation (4) subsiste avec

(3 *ter*) $$\log p_1 - \log p' = A.$$

1° *Benzine* entre 100° et 40° ($c = 14.10^{-4}\,T$) :

$$L_1 = 87^{Cal}, \quad L_2 = 102^{Cal},2, \quad p_1 = 134^{cm},2, \quad p_2 = 18^{cm},23.$$

On trouve

$$\gamma = 1,12,$$

tandis qu'on aurait 1,105 d'après Stevens (à 100°) et 1,40 d'après Pagliani (de 20° à 60°).

2° *Chloroforme* entre 100° et 40° ($c = 0{,}205 + 10^{-4}\,T$) :

$$L_1 = 57^{Cal}, \quad L_2 = 63^{Cal},1, \quad p_1 = 242^{cm},8, \quad p_2 = 36^{cm},93.$$

On trouve

$$\gamma = 1,136,$$

au lieu de 1,150 d'après Stevens (100°), 1,154 d'après Capstick et 1,102 à 1,110 selon Müller ou Beyme (22°-78°).

3° *Acétone* entre 100° et 20° ($c = 0{,}278 + 8.10^{-4}\,T$) :

$$L_1 = 114^{Cal},3, \quad L_2 = 134^{Cal},6, \quad p_1 = 279^{cm},7, \quad p_2 = 17^{cm},96.$$

On trouve

$$\gamma = 1,13.$$

4° *Eau* entre 160° et 80° ($c = 0{,}916 + 26.10^{-5}\,T$) :

$$L_1 = 494^{Cal},5, \quad L_2 = 551^{Cal},1, \quad p_1 = 465^{cm},1, \quad p_2 = 35^{cm},55.$$

On trouve

$$\gamma = 1,46.$$

Je reviendrai sur les corrections qu'il faut apporter à ces nombres pour obtenir $\frac{C}{c}$.

Remarque. — La même méthode fournit, plus simplement, encore l'exposant n de la formule par laquelle on représente la détente de la vapeur d'eau saturante :

$$pv^n = \text{const.}$$

Désignant par x le *titre* de la vapeur à la fin de la détente, on a

$$a \mathfrak{L} \frac{T_1}{T_2} + b(T_1 - T_2) + \frac{L_1}{T_1} - \frac{L_2}{T_2} x = 0,$$

$$x \frac{p_1^{\frac{n-1}{n}}}{T_1} = \frac{p_2^{\frac{n-1}{n}}}{T_2}.$$

On en tire aisément, pour la détente entre 160° et 40°,

$$n = 1,142.$$

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur de Siemens.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

I. Dans la théorie de Lorentz le déplacement électrique se compose de deux parties qui s'ajoutent en chaque point du milieu : le déplacement *dans l'éther*, proportionnel à la force électrique F, et *la polarisation* P, liée à la force électrique par une relation de la forme

$$(1) \qquad \alpha \frac{d^2 P}{dt^2} = F - \beta P - \gamma \frac{dP}{dt}.$$

La charge q d'un condensateur à lame diélectrique se compose donc de deux parties : l'une kE due au déplacement dans l'éther; elle est proportionnelle à la différence de potentiel E des armatures; l'autre m, due à la polarisation du diélectrique (à laquelle elle est proportionnelle), satisfait par conséquent à une relation de la forme

$$(2) \qquad a \frac{d^2 m}{dt^2} = E - bm - c \frac{dm}{dt},$$

a, b, c désignant des coefficients positifs.

Nous pouvons donc poser

$$q = m + kE. \tag{3}$$

Si la différence de potentiel E est alternative et de fréquence $n = \frac{1}{T}$, la quantité m, et par suite la charge q, sont aussi alternatives et de fréquence $n = \frac{1}{T}$; le terme $\frac{d^2 m}{dt^2}$, proportionnel à n^2, est d'ailleurs négligeable ([1]) et la relation (2) peut se mettre sous la forme

$$E = bm + c\frac{dm}{dt}. \tag{4}$$

Or l'énergie élémentaire *absorbée* par le condensateur a pour expression $E\,dq$, c'est-à-dire, en vertu de (3), $E(dm + k\,dE)$. Pour une période complète, l'énergie *dissipée* se réduit donc à l'intégrale $\int_0^T E\,dm$, laquelle, en vertu de (4), se réduit elle-même à $\int_0^T c\left(\frac{dm}{dt}\right)^2 dt$.

Ainsi, *la charge alternative d'un condensateur à lame diélectrique entraîne la dissipation d'une quantité d'énergie dont la valeur instantanée est proportionnelle au carré du courant de polarisation* $\frac{dm}{dt}$.

La théorie de Lorentz confirme donc l'hypothèse que j'ai proposée touchant l'origine et la valeur de la chaleur de Siemens ([2]). Celle-ci est attribuable à la polarisation des éléments de volume du système, c'est-à-dire à la portion du courant de déplacement qui a son siège dans le diélectrique et elle se présente comme proportionnelle au carré de ce courant.

II. Les récentes expériences de Höchstädter ([3]), effectuées sous des différences de potentiel alternatives très élevées, permettent de préciser et de généraliser l'expression de la chaleur de Siemens.

Le terme $-\gamma\frac{dP}{dt}$ de la formule (1) représente, en effet, une résistance à la polarisation proportionnelle à la vitesse de polarisation ; mais on peut prévoir le cas où ce terme, devenu insuffisant, doit être remplacé par une

---

([1]) Il n'atteint l'ordre de grandeur des autres termes de la relation (2) que pour des fréquences de l'ordre de celle de la lumière.

([2]) *Comptes rendus*, 6 février 1911.

([3]) *Elektroteknische Zeitschrift*, mai et juin 1910.

fonction continue de la vitesse développable en série. Dans ce cas, le terme $-c\frac{dm}{dt}$ de la formule (2) doit être aussi remplacé par une fonction $\varphi\left(\frac{dm}{dt}\right)$ développable suivant la forme

$$\varphi\left(\frac{dm}{dt}\right)=c_1\frac{dm}{dt}+c_2\left(\frac{dm}{dt}\right)^2+c_3\left(\frac{dm}{dt}\right)^3+\ldots. \tag{5}$$

L'énergie dissipée par période a alors pour expression

$$W=c_1\int_0^T\left(\frac{dm}{dt}\right)^2dt+2c_2\int_0^{\frac{T}{2}}\left(\frac{dm}{dt}\right)^3dt+c_3\int_0^T\left(\frac{dm}{dt}\right)^4dt+\ldots. \tag{6}$$

Si m et, par suite, $\frac{dm}{dt}$ sont proportionnels à la différence de potentiel maxima E_m, W se présentera sous la forme

$$W=AE_m^2+BE_m^3+CE_m^4+\ldots. \tag{7}$$

Or les courbes au moyen desquelles Höchstädter représente W en fonction de E_m se laissent facilement exprimer au moyen de développements tels que (7); il faut en conclure que, pour des champs électriques intenses, la chaleur de Siemens croît plus vite que le carré du courant de polarisation; elle reste néanmoins du second ordre de grandeur par rapport à ce courant, seule propriété sur laquelle nous nous soyons précédemment appuyés (¹).

Höchstädter a enfin trouvé que la perte d'énergie par période est indépendante de la fréquence (²), ce qui exige que les coefficients c_1, c_2, c_3, ... soient respectivement de la forme : $c_1=k_1T$; $c_2=k_2T^2$; $c_3=k_3T^3$, ... et, par conséquent, la fonction $\varphi\left(\frac{dm}{dt}\right)$ de la forme plus particulière $\varphi\left(T\frac{dm}{dt}\right)$. L'énergie dissipée ou chaleur de Siemens élémentaire se présente, dans ces conditions, sous la forme générale $\frac{1}{T}\psi\left(T\frac{dm}{dt}\right)$, la fonction ψ étant du second ordre par rapport à $T\frac{dm}{dt}$.

(¹) Voir *loc. cit.*

(²) Résultat déjà obtenu par Steinmetz (*E. T. Z.*, 1901, p. 605).

PHYSIQUE. — *Fréquence des oscillations électriques qui prennent naissance dans l'étincelle.* Note de M. C. **Caudrelier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans des Notes précédentes, j'ai signalé l'existence des traits lumineux dans les étincelles de faibles longueurs et j'ai expliqué leur formation par des variations d'intensité dues à la capacité des électrodes et à l'ionisation de l'air. Je me suis proposé, dans de nouvelles expériences, de déterminer le temps qui sépare ces traits lumineux.

Le secondaire d'un transformateur, dont le primaire était alimenté par une source alternative à 42 périodes, était relié aux cornes d'un parafoudre servant d'éclateur; l'étincelle de décharge était soufflée par un courant d'air produit par un ventilateur. L'air mis en mouvement par le ventilateur était envoyé dans un réservoir qui servait d'organe régulateur, et, de là, il était dirigé, par une buse, sur l'étincelle.

Dans ces conditions, les traits lumineux se détachaient avec une grande netteté sur la nappe violette; leur écartement diminuait à mesure qu'on s'éloignait du trait initial, car la vitesse du courant d'air s'atténuait quand on s'écartait de l'extrémité de la buse.

Si l'on avait soin de placer à la base des cornes du parafoudre de petites pointes en platine pour fixer le trait initial, on pouvait rendre le phénomène assez stable pour mesurer l'écartement des premiers traits lumineux; cet écartement a été trouvé voisin de 2^{mm}.

D'autre part, pour déterminer la vitesse du courant d'air, il a été fait usage d'un tube de Pitot, qu'on plaçait à des distances variables de l'extrémité de la buse. Le Tableau suivant donne les vitesses du courant d'air, contre la buse ou à un centimètre de son extrémité, pour les deux vitesses extrêmes de rotation du moteur qui commandait le ventilateur.

1° Pour la vitesse minima du moteur :

Vitesse du courant d'air en mètres à la seconde.

A l'extrémité de la buse	20
A 1^{cm} de l'extrémité	18,20

2° Pour la vitesse maxima du moteur :

Vitesse du courant d'air en mètres à la seconde.

A l'extrémité de la buse	22,30
A 1^{cm} de l'extrémité	19,60

On voit qu'au voisinage des électrodes, la vitesse du courant d'air variait peu et que cette vitesse était environ de 20^{m} à la seconde.

Il résulte donc de ces mesures que la fréquence des oscillations qui produisent les traits lumineux observés dans l'étincelle est de l'ordre de 10000 à la seconde.

CAPILLARITÉ. — *Entonnoirs en porcelaine à pâte filtrante.* Note de MM. **F. Grenet** et **P. Boulenger**, présentée par M. E. Roux.

Dans une précédente Communication, l'un de nous [1] a rendu compte d'une méthode permettant de déterminer le degré de porosité des pâtes céramiques employées pour les bougies filtrantes.

Appliquant les mêmes principes à l'étude et à la préparation de pâtes destinées à recueillir quantitativement les précipités chimiques, nous avons pu réaliser des entonnoirs sur lesquels sont intégralement retenues les substances les plus fines qui traversent fréquemment les filtres en papier, tels que le sulfate de baryum, l'oxalate de calcium, etc.

Pour réaliser cette filtration, il est nécessaire de déterminer une aspiration à l'aide d'une trompe; l'opération se fait ainsi avec une grande rapidité et ne dure que quelques instants, en y comprenant les lavages, sans qu'on ait à craindre qu'aucune partie du précipité traverse le filtre.

Ces filtres peuvent être séchés à l'étuve ou chauffés au moufle avec les précautions usitées pour les vases en porcelaine; ils se prêtent donc à l'analyse quantitative, qu'il faille ou sécher ou calciner la substance à doser.

Un grand nombre d'opérations qui s'effectuent lentement ou difficilement avec les filtres en papier, les tampons d'amiante ou de coton, peuvent être réalisées avantageusement avec ce nouveau dispositif.

Les substances recueillies se déposant à la surface du diaphragme filtrant peuvent être facilement enlevées après la pesée, soit à l'état sec, soit au moyen d'un lavage et par l'emploi d'une petite brosse; l'entonnoir sert ainsi indéfiniment; pour éliminer les substances organiques, la calcination suffit.

Nous avons établi deux types de ces entonnoirs : dans l'un, la pâte embrasse sans s'y appliquer la surface conique de l'entonnoir, étant soudée

(1) F. Grenet, *Comptes rendus*, n° 21, du 21 novembre 1910, p. 941.

au rebord de celui-ci, il est donc à grande surface filtrante; l'autre, dans la partie moyenne duquel est soudée une plaque filtrante, s'applique plus spécialement aux déterminations quantitatives.

Ces entonnoirs peuvent aussi servir à filtrer des liquides plus ou moins visqueux pour obtenir, par exemple, des sérums et des liquides physiologiques limpides.

Lorsqu'on veut donner à ce dispositif une puissance épurante plus grande, on peut en collodionner la surface intérieure, on a alors une filtration parfaite retenant tous les germes et les corps colloïdaux.

Ces appareils peuvent remplir des conditions multiples, étant appliqués à l'analyse ainsi qu'à des préparations et purifications de liquides artificiels et naturels.

A ce dernier point de vue, ils sont les adjuvants tout à fait désignés des filtres Chamberland dans le cas où l'on ne dispose que de faibles quantités de substance.

SPECTROSCOPIE CHIMIQUE. — *Sur les spectres de combustion des hydrocarbures et de différents métaux.* Note [1] de M. J. **Meunier**, présentée par M. Troost.

Constitution de la flamme et formation du spectre des hydrocarbures. — La considération des limites d'inflammabilité et celle des vitesses d'inflammation permettent d'expliquer simplement les apparences et le mécanisme des flammes.

Le gaz d'éclairage de composition moyenne ne peut s'enflammer dans l'air à une proportion inférieure à 10 pour 100, il ne s'enflamme plus quand la proportion dépasse 33 pour 100. Entre ces limites, la vitesse d'inflammation croît jusqu'à 19-20 pour 100, puis décroît et s'annule à 33 pour 100; elle devient ensuite négative, l'excès de combustible se comportant comme un extincteur de la flamme.

Avec le chalumeau, ou mieux avec le brûleur Bunsen, dans lequel on fait varier à volonté les proportions du mélange au moyen de la prise d'air, on peut obtenir soit la nappe d'inflammation ordinaire par l'extérieur, soit aussi une nappe d'inflammation intérieure. Cette dernière sera particulièrement vive si, dans le mélange sortant du bec, la proportion de gaz est inférieure à 33 pour 100. Dans ce cas, pour que le bec

---

[1] Présentée à la séance du 12 juin.

ne brûle pas à l'intérieur, il suffit que le gaz se dégage avec une vitesse plus grande que la vitesse d'inflammation propre à la proportion considérée. La pression ordinaire du gaz de Paris ne permet pas de descendre avec un Bunsen, non muni d'un dispositif pour empêcher le retour de flamme, à une proportion inférieure à 25 pour 100 de gaz, sans déterminer l'inflammation intérieure. Mais ce que chacun constatera facilement, la hauteur du cône intérieur diminue de plus en plus et son enveloppe, qui paraissait bleuâtre à 33 pour 100, est verte de 30 à 28 pour 100 et bleu franc de 26 à 25 pour 100. Cette enveloppe, de surface conique, n'a guère que 1mm d'épaisseur : c'est elle qu'il faut viser avec le spectroscope pour apercevoir le spectre de Swan ou des hydrocarbures (1). Il commence à paraître pour la proportion de 35 pour 100 de gaz, devient de plus en plus net à mesure que la proportion d'air s'accroissant, la proportion de gaz diminue; il acquiert un grand éclat pour la proportion de 25 à 26 pour 100, et l'on distingue alors les bandes fines qui le composent. La flamme bleue enveloppant le cône ne donne qu'un spectre continu bleu grisâtre, si elle n'est pas chargée de vapeurs salines. Il suffit d'ouvrir ou de fermer la prise d'air pour obtenir immédiatement, tant sur le bec que dans le spectroscope, toutes ces apparences.

Le spectre de Swan ne dépend donc pas exclusivement des hydrocarbures, mais il dépend aussi de la combustion elle-même et se trouve intimement lié au mécanisme de celle-ci. Sa production, bornée à une partie très restreinte de la flamme, parfaitement délimitée, montre que la réaction de combustion s'accomplit surtout dans cette partie restreinte. D'autres faits et considérations, que je ne puis exposer ici, viennent à l'appui de cette manière de voir.

Il faut remarquer que l'oxygène, qui est pourtant l'un des facteurs du phénomène, ne manifeste sa présence par aucune raie spectrale.

Flamme de l'hydrogène et spectres métalliques. — L'hydrogène dans la combustion se comporte comme les hydrocarbures; il s'enflamme dans vers 13 à 14 pour 100 et devient extincteur vers 70 pour 100. Il donne aussi une nappe d'inflammation intérieure, mais elle est excessivement restreinte. J'ai fait beaucoup de tentatives, en brûlant l'hydrogène dans un Bunsen et en visant cette nappe, afin d'apercevoir un spectre de bandes, je n'y suis pas parvenu; mais j'ai observé, quelle que fût la provenance de l'hydrogène, deux bandes, l'une rouge, Ca_{α_1} et Ca_{α_2} du calcium, et l'autre verte, Ca_{β_1} et Ca_{β_2}, qui proviennent des poussières et des filaments de l'air ambiant qui alimente la flamme : elles sont très difficiles à éviter et la raie D du sodium a une origine analogue.

(1) La nappe bleue d'inflammation qui se trouve à la base de la flamme des lampes et des bougies donne, on le sait, ce spectre.

Avec une flamme d'hydrogène de 4^{cm} à 5^{cm} et un fil de platine passé sur de la craie, on obtient un spectre persistant du Ca, comprenant la raie bleue 4226, tandis que le même spectre est très fugace dans la flamme du gaz et nécessite l'emploi de $CaCl^2$ additionné d'un excès de HCl. Mais ce que j'ai obtenu de plus remarquable avec la flamme de l'hydrogène et ce qui se rapporte directement au sujet de mes recherches sur la combustion, ce sont les spectres de combustion des métaux.

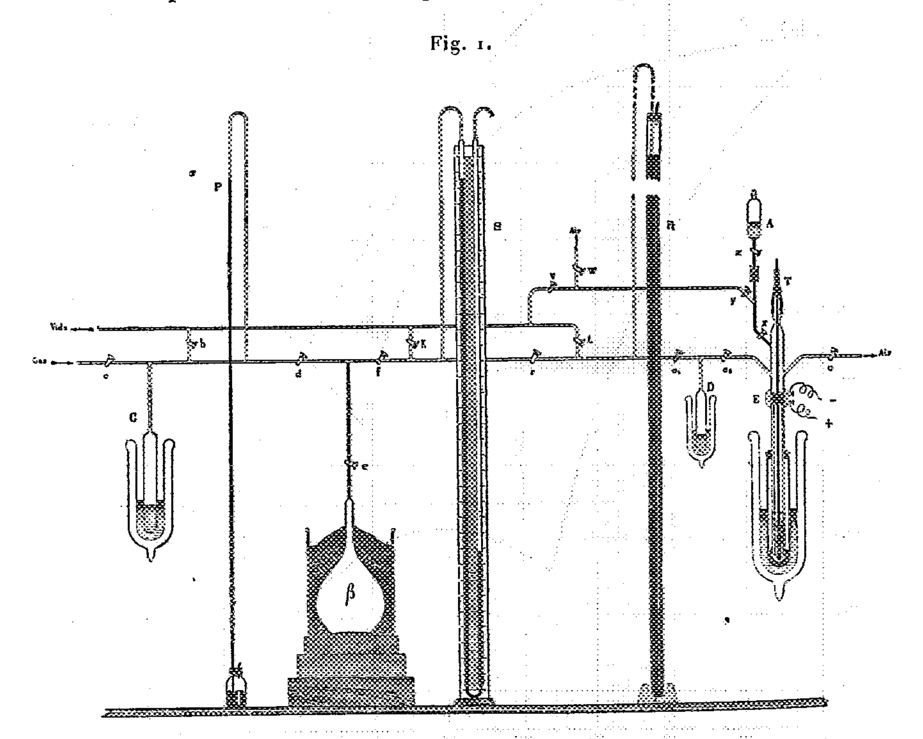
Un ruban de Mg donne, au moment de sa combustion, de magnifiques bandes vertes dégradées vers le violet; celle qui correspond à *b* solaire λ 5172 est moins vive qu'une autre bande verte plus réfrangible située vers λ 5000. Le squelette de MgO, demeuré après la combustion, continue à montrer les bandes vertes, mais floues comparativement au métal. La combustion de Fe et de Al ne m'a rien donné de particulier, aussi ai-je pu employer un fil de fer comme support des autres métaux. Le Zn brûle avec une flamme bleue et donne un spectre de couleurs, particulièrement beau dans le bleu et dans le violet, sans aucune raie ni bande. Le Cd montre une seule raie verte persistante λ 5379, sans couleur vive. Le Ni donne une succession régulière de belles bandes dégradées vers le rouge, qui semblent bien périodiques : bande rouge vers 6250; bande verte, la plus belle, vers 5540, autres bandes vers 5170 et 5000. L'oxyde NiO, provenant de la calcination de l'azotate, ne donne aucun spectre. Le cobalt métallique, dans les conditions de mon essai, n'a rien donné. Le Cu donne des bandes irrégulièrement disposées; la plus large s'étend de 5600 à 5200 environ. Le Pb donne des bandes très nombreuses et très belles à partir du rouge. Le spectre du Bi me semble plus remarquable encore, il présente une raie rouge intermittente, beaucoup moins réfrangible que la raie rouge du Li, qui n'aurait jamais été signalée dans les spectres de flamme et, de λ 6400 à λ 5200, une succession de petites bandes régulières, puis la belle raie 4720; il est brusquement tranché du côté du violet, au niveau de G solaire environ. Le Sb donne une bande verte, sans spectre proprement dit. Je n'ai rien obtenu avec Ag.

Bien que cet examen des spectres de combustion des métaux soit très sommaire et très imparfait, il montre une variété remarquable, dont je poursuis l'étude et qui jettera, j'espère, un nouveau jour sur les phénomènes de combustion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Courbes de fusibilité des mélanges gazeux : systèmes formés par l'anhydride carbonique et l'acide sulfhydrique avec l'alcool méthylique et l'oxyde de méthyle.* Note de MM. GEORGES BAUME et F.-LOUIS PERROT, présentée par M. G. Lemoine.

I. Parmi les groupes de résultats obtenus au cours de nos recherches sur les courbes de fusibilité des systèmes gazeux, aux basses températures ([1]), il en est deux qui ont un intérêt particulier au point de vue strictement

Fig. 1.



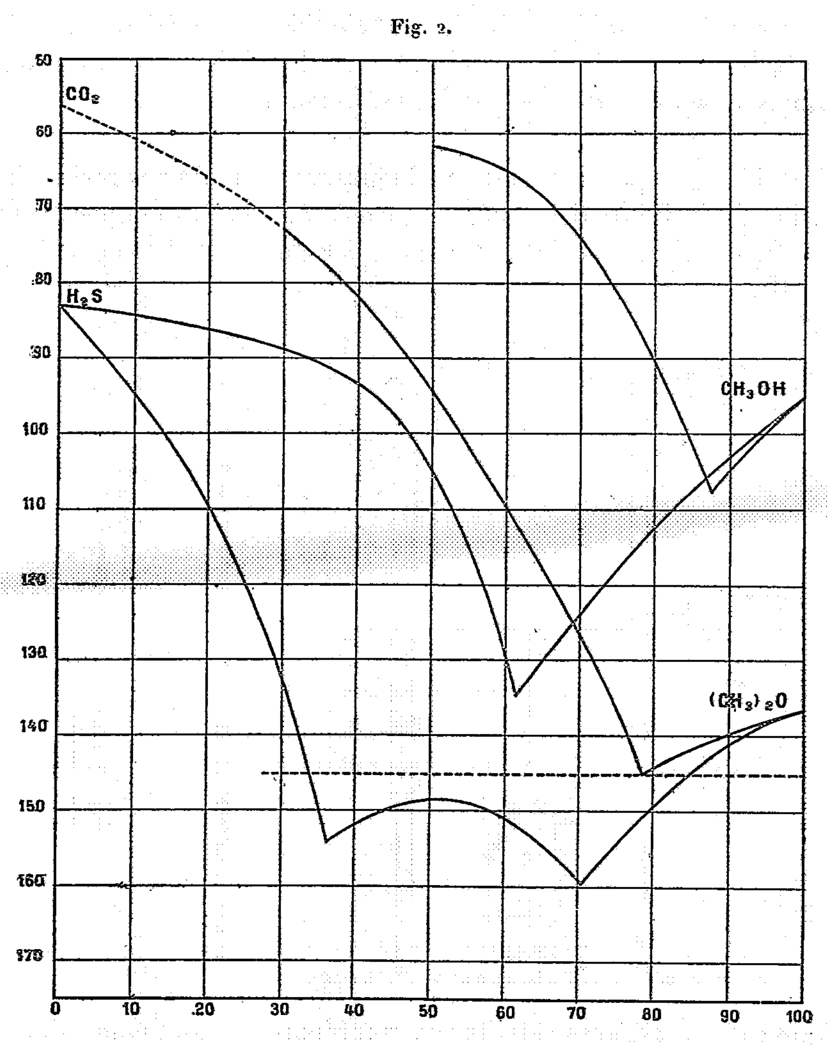
chimique : 1° les systèmes relatifs aux combinaisons oxoniennes simples (le corps oxonien choisi a été l'oxyde de méthyle) ([2]); 2° divers systèmes permettant de mettre en évidence la formation de composés d'addition dans

([1]) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1322; t. 151, 1910, p. 528; t. 152, 1911; p. 1095.

([2]) Cf. ARCHIBALD et MAC INTOSH, *Journ. chem. Soc. London*, t. LXXXV, p. 919; t. LXXXVII, p. 784; *Journ. Amer. chem. Soc.*, t. XXVII, p. 26 et 1013; t. XXVIII, p. 588; t. XXX, p. 1097; *Journ. Phys. Chemistry*, t. XII, p. 267.

certaines réactions simples de la chimie des alcools (l'alcool employé a été l'alcool méthylique). C'est à ces deux groupes que se rattachent les sys-

Fig. 2.



tèmes suivants qui font l'objet de la présente Note :

$(CH^3)^2O - CO^2$, $(CH^3OH) - CO^2$, $(CH^3)^2O - H^2S$, $CH^3OH - H^2S$.

II. Sans insister sur la technique employée, dont le détail a été récemment publié par l'un de nous (1), nous indiquerons seulement les modifica-

(1) G. Baume, *Journ. de Physique*, t. IX, 1911, p. 245.

tions (*fig.* 1) qu'ont nécessitées la pression partielle de CO^2 dans un grand nombre de mélanges étudiés et la difficulté d'obtenir dans ce cas des mélanges homogènes, en employant notre méthode générale sous sa forme primitive (condensation directe du contenu des ballons-volumètres β dans le tube-laboratoire T) : il suffit alors de joindre à l'appareil, *entièrement construit en verre soudé* et muni d'un manomètre de sûreté R, une petite ampoule auxiliaire D où l'on condense d'abord l'anhydride carbonique mesuré dans le volumètre β ; le gaz se dissout ensuite *sous pression* dans le mélange contenu dans le tube-laboratoire (¹).

III. Nous avons réuni dans le diagramme ci-joint (*fig.* 2) les résultats que nous ont donnés les quatre systèmes étudiés : les courbes de fusibilité $[(CH^3)^2O - CO^2]$, $[CH^3OH - CO^2]$, $[CH^3OH - H^2S]$ ne présentent aucun maximum (²) (il nous a été facile de déterminer un certain nombre de points du *solidus* de la première de ces courbes). Au contraire, le système $(CH^3)^2O - H^2S$ nous a donné, en même temps qu'une courbe d'une régularité parfaite, un maximum très net à $-148°,5$ et correspondant à la combinaison moléculaire

$$(CH^3)^2O + H^2S,$$

qu'il faut ajouter à la liste des oxoniens déjà signalés.

Les résultats obtenus sont tous normaux au point de vue chimique; en particulier, les résultats négatifs fournis par les deux systèmes alcooliques $[CH^3OH - CO^2]$ et $[CH^3OH - H^2S]$ sont conformes aux idées modernes sur le mécanisme des réactions de substitution (³), que nos études antérieures sur les mélanges $[CH^3OH - NH^3]$ et $[CH^3OH - HCl]$ ont vérifiées par deux exemples d'une grande simplicité (⁴).

(¹) Les systèmes contenant CO^2 n'ont pu être étudiés que jusqu'à 70 pour 100 CO^2, en raison de la pression des mélanges, qui nécessite une correction pour le calcul des concentrations.

(²) Les propriétés de ces courbes seront interprétées ailleurs.

(³) Cf. Ph.-A. Guye, *Journ. Chim. phys.*, t. VIII, 1910, p. 119.

(⁴) Voir la note 1, au début de la présente Communication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes osmotiques dans les milieux non conducteurs.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai indiqué que les solutions colloïdales semblaient être constituées par des micelles solides-liquides en suspension dans le solvant; les échanges de liquide entre l'intérieur et l'extérieur des micelles se faisant uniquement par osmose, il résulte de cette façon d'interpréter les phénomènes que les substances colloïdales doivent se comporter comme des membranes osmotiques au moins vis-à-vis des liquides qui les tiennent en solution.

Je me suis proposé avec l'aide de M. Léon Weydert, de vérifier expérimentalement cette conclusion qui s'est trouvée justifiée.

Nous avons employé comme membrane une feuille de caoutchouc vulcanisé au chlorure de soufre et nous avons constaté qu'une solution de soufre dans le benzène ou le xylène peut être totalement débarrassée de son soufre par osmose. Certaines résines (telles que celles extraites du Bornéo mort) dissoutes dans le benzène agissent de même ainsi que beaucoup d'autres corps. On peut ainsi observer que le caoutchouc est perméable pour les corps en solution dans un solvant qui gonfle le caoutchouc; les corps dissous qui traversent la membrane étant ceux qui sont également solubles dans le caoutchouc. Comme les propriétés du caoutchouc rendu insoluble par la vulcanisation ne sont pas les mêmes que celles du caoutchouc naturel dans sa solution, il était nécessaire de s'assurer par une méthode directe que les micelles sont susceptibles d'agir comme des parois perméables.

On sait que, si l'on cherche à filtrer une solution colloïdale, les matières en suspension qui ne peuvent traverser le filtre le colmatent, et toute filtration cesse presque complètement; ce filtre colmaté par la substance colloïdale constitue une membrane osmotique qui peut être employée avec succès pour la séparation de certains corps dissous avec la matière colloïdale.

Prenons un vase poreux et plaçons à l'intérieur une solution d'acétylcellulose dans le tétrachlorure d'éthane et à l'extérieur du vase du tétrachlorure d'éthane seul, on n'observe rien ; ajoutons à la solution un corps à la fois soluble dans l'acétylcellulose

([1]) *Sur le mode de dissolution des matières colloïdales* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1386).

et dans le dissolvant, tel que l'hexachlorure d'éthane, on constate alors que ce dernier corps traverse la cloison.

Plaçons encore dans un vase poreux une solution benzénique de caoutchouc contenant du soufre et des résines, par exemple, et plongeons le vase poreux dans le benzène seul, le soufre et les résines traversent la cloison poreuse et se séparent du caoutchouc.

L'acétylcellulose et le caoutchouc agissent ainsi comme le feraient tous les corps susceptibles de former des gelées, tels que les autres éthers de la cellulose, la gélatine, le ferrocyanure de cuivre, la silice, la fécule, l'amidon, l'albumine, etc., qui sont tous colloïdaux.

Toutes les membranes semi-perméables étant constituées par des colloïdes, leur mécanisme d'action et de sélection s'explique aisément par les remarques précédentes qui conduisent à admettre que ces membranes sont des dissolvants solides. Les corps qu'elles dissolvent tendant à se mettre en équilibre de pression osmotique de part et d'autre, la perméabilité d'une membrane pour un corps donné sera proportionnelle à la solubilité de ce corps dans le colloïde.

Dans les expériences faites, on a opéré surtout avec des corps, membranes et solutions, qui ne permettent aucun phénomène électrique, et où, par conséquent, l'ionisation n'existe pas ou est trop faible pour être observée; je me suis assuré de ce fait en soumettant une solution très fluide de caoutchouc dans le xylène à un champ électrique produit par une machine statique, au moyen de deux électrodes plongeant dans la solution; l'essai a pu être prolongé sans qu'on observe aucun déplacement dans aucun sens, ni du caoutchouc, ni des matières étrangères dissoutes, ni de celles en suspension. La solution d'acétylcellulose dans le tétrachlorure d'éthane n'a également donné aucun résultat.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les variétés allotropiques et sur le point de fusion de l'arsenic.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les différentes variétés allotropiques de l'arsenic ont été distinguées les unes des autres par deux séries de propriétés : 1° la couleur et l'aspect; 2° la densité.

Les savants qui n'ont observé que la couleur ont signalé quatre variétés

allotropiques [Berzélius ([1]), Bettendorf ([2])]. Engel ([3]) qui, après Hittorf ([4]), a étudié systématiquement la densité de l'arsenic formé dans différentes conditions admet l'existence de trois variétés qui sont : l'arsenic jaune très instable à la température ordinaire, l'arsenic miroitant qui se dépose par distillation dans les parties chauffées vers 200°, l'arsenic cristallisé ou arsenic gris qui est la variété stable. Ce savant montra, en outre, que la densité de l'arsenic obtenu par voie de précipitation est identique à celle de l'arsenic miroitant.

J'ai cherché de nouvelles preuves de l'existence des variétés allotropiques de l'arsenic dans l'étude des phénomènes thermiques qui se produisent à l'échauffement et au refroidissement de l'arsenic obtenu dans différentes conditions.

Le dispositif expérimental que j'ai employé est analogue à celui que j'ai déjà décrit pour le phosphore ([5]). On enregistre photographiquement la température du corps en fonction de la différence entre cette température et celle du four (Roberts Austen). Chaque phénomène thermique est indiqué par un crochet dans la courbe.

Arsenic préparé chimiquement. — L'arsenic obtenu en précipitant par le chlorure stanneux la solution d'anhydride arsénieux dans l'acide chlorhydrique concentré est une poudre brun foncé. Lorsqu'on la chauffe, on constate à 285° un dégagement de chaleur; aucun autre phénomène (expérience faite jusqu'à 530°) thermique n'est visible.

Arsenic miroitant. — Si l'on recueille l'arsenic déposé dans les parties les plus froides d'un tube vide d'air dans lequel on a distillé le métalloïde, et si l'on fait l'analyse thermique de ce corps (de densité 4,79), on constate à 276° un dégagement de chaleur. Jusqu'à 550° aucun autre phénomène thermique n'est visible. Au refroidissement, on ne constate non plus ni absorption ni dégagement de chaleur et la densité est devenue 5,79.

C'est bien là une transformation irréversible et, comme les températures 276° et 285° sont très voisines, l'analyse thermique confirme le fait découvert par Engel (*loc. cit.*), que l'arsenic chimique est identique à l'arsenic provenant de la vapeur brusquement refroidie.

([1]) *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, t. XLIX, 1844, p. 253.

([2]) Bettendorf, *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, t. CXLIV, 1867, p. 110.

([3]) Engel, *Comptes rendus*, t. 96, p. 497 et 1314.

([4]) Hittorf, *Ann. Ph. Chem. Poggendorf*, t. CXXVI, 1865, p. 218.

([5]) P. Jolibois, *Journal de l'École Polytechnique*, 15e cahier, 1911.

Fusion de l'arsenic. — Dans un travail récent, MM. Guntz et Broniewski [1], qui ont fait l'historique de la question, admettent que l'arsenic n'a pas de point de fusion déterminé et donnent 500° comme température de liquéfaction commençante.

J'ai cherché à enregistrer le palier correspondant à la fusion. Pour faire cette expérience, j'ai substitué au tube de verre des recherches précédentes, un tube de quartz. Jusqu'à 852°, on ne constate aucun phénomène calorifique (en partant de l'arsenic gris.). A 852°, un palier est très bien visible. Au refroidissement, on observe la solidification avec une surfusion (60° dans une expérience, 88° dans la seconde); aucun autre phénomène thermique indiquant des changements d'état allotropique n'est perceptible.

Une autre expérience confirme ces différents résultats : si l'on enferme l'arsenic gris dans un tube de quartz capillaire à parois épaisses et de petites dimensions sur lequel est fixé une pince thermo-électrique, et si l'on chauffe le tout dans un four électrique à l'intérieur duquel la température est régularisée par un cylindre de fer, on constate qu'à 849° les cristaux s'affaissent pour donner naissance à des gouttelettes liquides qui ne mouillent pas le tube.

Dès 700° on peut observer, si l'on éclaire le tube avec une puissante source blanche, que la vapeur qui surmonte l'arsenic est jaune, ce que Le Roux [2] avait constaté pour de grandes épaisseurs, et que Schuller [3] avait nié.

J'ai chauffé jusqu'à 1100° le tube de quartz contenant l'arsenic; le liquide est resté opaque. On peut espérer pourtant qu'à haute température il se transforme en un liquide jaune.

En effet, au point critique, la vapeur et le liquide sont identiques. Ce liquide jaune serait la forme amorphe stable de l'arsenic jaune solide qu'on obtient d'ailleurs en refroidissant brusquement l'arsenic surchauffé.

En résumé, l'arsenic gris est stable à toutes les températures jusqu'à 850°. L'arsenic miroitant est instable à toutes les températures et se transforme, d'une manière irréversible, en arsenic gris aux environs de 280°. Le point de fusion de l'arsenic gris déterminé par deux méthodes différentes est 850° ± 10°.

---

(1) GUNTZ et BRONIEWSKI, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1907, p. 977.

(2) LE ROUX, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. LXI, p. 415.

(3) SCHULLER, *Chem. Zeit.*, t. XII, p. 271.

CHIMIE. — *Sur l'action de l'acide phosphorique sirupeux sur divers alliages obtenus au four électrique.* Note de MM. **Max Wunder** et **B. Jeanneret**, présentée par M. Wallerant.

Au cours d'une série de recherches entreprises dans le but d'étudier quelques méthodes analytiques nouvelles des produits du four électrique, nous avons eu l'occasion de constater que l'acide phosphorique sirupeux de densité 1,75, chauffé en excès avec la poudre fine de certains métaux et alliages, qui résistent parfois aux actions chimiques les plus énergiques, attaque et dissout intégralement ceux-ci. Dans cette Note, nous nous bornerons à exposer les premiers résultats qualitatifs que nous avons obtenus, nous réservant de revenir sur cette curieuse réaction avec plus de détails dans la suite.

Le *silicium* pur (97 pour 100) chauffé à 230° dans les conditions indiquées avec l'acide phosphorique, s'attaque complètement en 3 heures, en donnant un liquide incolore et un précipité blanc gélatineux. Le *zirconium métallique*, traité de même, se dissout en quelques minutes en donnant une solution claire et incolore. Le *tungstène métallique*, dans les mêmes conditions, s'attaque également, mais beaucoup plus difficilement.

Les *ferro-silicium* à 25, 50 et 95 pour 100 de Si se dissolvent intégralement au bout d'un temps qui varie selon la richesse en Si, et en donnant soit des liquides clairs, soit des liquides sirupeux contenant un précipité blanc gélatineux.

Les *ferro-titane* à 5 et 30 pour 100 de Ti s'attaquent toujours sous les mêmes conditions dans des temps qui varient entre 20 minutes et 1 heure 30 minutes selon la teneur en Ti, en donnant un liquide sirupeux légèrement verdâtre. Les *ferro-zircon* se comportent de même, en donnant un liquide clair, incolore.

Le *ferro-vanadium* à 5 pour 100 se dissout en 3 heures environ avec formation d'un liquide légèrement brunâtre.

Le *silico-manganèse* à 60 pour 100 de Si est attaqué en 1 heure 30 minutes avec formation d'un liquide clair.

L'*azoture de titane* se dissout complètement en 2 heures, avec un fort dégagement gazeux et formation d'une belle coloration bleue. Le liquide sirupeux obtenu est absolument limpide.

L'*alliage de fer silicium et aluminium* à 23 pour 100 de Si s'attaque complètement en 3 heures, en donnant un liquide visqueux parfaitement transparent, de couleur verdâtre.

Le *boro-nickel* à 40 pour 100 de Bo s'attaque également dans le même temps, avec formation d'un précipité vert pomme et d'un sirop verdâtre.

Le *carborundum*, enfin, est presque entièrement désagrégé en 3 heures avec un

fort dégagement gazeux et formation d'un liquide sirupeux et d'un précipité blanc gélatineux.

Dans toutes ces attaques, le carbone contenu dans ces alliages reste en tout ou partie à l'état floconneux dans le liquide sirupeux. Une adjonction d'eau à ces différents liquides sirupeux n'y produit pas de précipité; ils s'y dissolvent au contraire entièrement. Par contre, le précipité blanc obtenu avec certains alliages de silicium reste insoluble, aussi bien dans l'eau que dans l'acide chlorhydrique. Cet acide, ajouté aux solutions aqueuses des divers sirops obtenus, n'y produit pas de précipité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation des alcoyl- et benzylpseudo-butylphénylcarbinols.* Note de M^lle **Pauline Lucas**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication [1], nous avons étudié l'action des dérivés organo-magnésiens sur les trialcoylacétophénones. Nous avons ainsi obtenu des alcools de formules générales :

$$\begin{matrix} R \diagdown & & \diagup OH \\ R' - & C - C & - C^6H^5 \\ R'' \diagup & & \diagdown R''' \end{matrix}$$

lesquels, par déshydratation, ont donné des carbures. Le présent travail a pour but de fixer la constitution de ces derniers.

Tant que le radical introduit est un alcoyl, on peut facilement concevoir la formation d'un carbure à double liaison

$$\begin{matrix} R \diagdown & & \diagup OH \\ R' - & C - C & - C^6H^5 \\ R'' \diagup & & \diagdown CH^2R \end{matrix} \rightarrow H^2O + \begin{matrix} R \diagdown & & \diagup C^6H^5 \\ R' - & C - C & \\ R'' \diagup & & \diagdown\!\!\diagdown CHR \end{matrix}$$

qui, par oxydation, se scinde en donnant la trialcoylacétophénone correspondante et les produits d'oxydation du reste R'''. Par contre, dans le cas du carbure provenant de l'action du bromure de phénylmagnésium sur la triméthylacétophénone et qui fera l'objet d'une prochaine Communication, cette conception ne peut plus être envisagée et les résultats expérimentaux nous ont conduit à faire de nouvelles hypothèses.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1058.

Constitution du carbure provenant de la déshydratation du méthylpseudobutylphénylcarbinol. — Nous avons fixé la constitution de ce carbure en étudiant les produits de son oxydation par CrO^3 et MnO^4K.

20g de ce carbure ont été mis en solution acétique et introduits dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant; nous avons ensuite, par petites portions, ajouté la quantité théorique de CrO^3 (32g,6) correspondant à 4at d'oxygène par molécule de carbure.

Nous avons distillé le tout, et dans les premiers centimètres cubes du liquide, nous avons recherché l'acétone que nous avons pu caractériser en petites quantités par son dérivé dibenzylidénique fondant à 112°.

Dans la portion restante, après l'avoir traitée par l'eau, extraite à l'éther, distillée et fractionnée sous pression réduite, nous avons obtenu : 1° une portion passant vers 100° et sous 15mm, dans laquelle nous avons trouvé de l'acétophénone; nous avons caractérisé cette dernière par sa semi-carbazone fondant à 200°-202°; 2° de 105°-120° une fraction dans laquelle nous avons caractérisé de la triméthylacétophénone par son oxime fondant à 164° et sa semi-carbazone fondant à 159° (1).

Ces deux acétones se forment en quantités sensiblement égales. La présence d'acétophénone parmi les produits d'oxydation semble *a priori* inexplicable. En effet, on ne voit pas très bien comment le carbure ci-dessus peut donner sans transposition moléculaire de l'acétophénone. Cependant, la présence de cette cétone serait normale si l'on envisage le cas d'un carbure non homogène contenant un mélange de carbure à double liaison et d'un carbure cyclométhylénique. D'après ces résultats le carbure obtenu serait formé d'un mélange à peu près égal de 2-phényl-3.3-diméthyl-1-butène

$$(CH^3)^3 \equiv C - C \begin{matrix} \diagup C^6H^5 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH^2 \end{matrix}$$

fournissant par oxydation CO^2 et $(CH^2)^3C - CO - C^6H^5$ et du 1-phényl-2.2-diméthylcyclopropane

$$\begin{matrix} CH^3 \diagdown & & & \diagup C^6H^5 \\ & C - & C & \\ CH^3 \diagup & \diagdown & \diagup & \diagdown CH^3 \\ & & CH^2 & \end{matrix}$$

donnant par oxydation CH^3COCH^3 et $CH^3COC^6H^5$.

Un essai d'oxydation par MnO^4K ne nous a pas donné de bons résultats;

---

(1) La semi-carbazone de la triméthylacétophénone n'ayant pas encore été signalée nous l'avons préparée au moyen d'un mélange de chlorhydrate de semi-carbazide et d'acétate de soude en milieu acétique. Elle se présente sous la forme de cristaux solubles dans l'éther, peu solubles dans l'éther de pétrole et fondant à 159°.

nous avons cependant pu caractériser (par son oxime fondant à 164°) de la triméthylacétophénone dans les produits d'oxydation.

Alcool éthylpseudobutylphénylcarbinol et carbure correspondant

$$C^6H^5-\overset{\diagup OH}{C}(C^2H^5)-C(CH^3)^3$$

— Nous avons obtenu cet alcool par l'action de l'iodure d'éthylmagnésium sur la triméthylacétophénone dans les mêmes conditions que son homologue inférieur (*loc. cit.*). Les rendements ont été pour ainsi dire théoriques. C'est un liquide distillant à 115°-116° sous 15^{mm}. L'analyse nous a montré que ce corps répondait à la formule brute $C^{13}H^{20}O$. Traité par HCOOH à chaud, ou distillé à la pression ordinaire, il se déshydrate comme son homologue inférieur et donne un carbure bouillant à 90-95° sous 12^{mm} et décolorant le brome. L'analyse lui assigne la composition centésimale $C^{13}H^{18}$.

Constitution du carbure provenant de la déshydratation de l'éthylpseudobutylphénylcarbinol. — Nous nous sommes placés dans les mêmes conditions expérimentales que pour le dérivé méthylé cité plus haut et nous avons trouvé comme produits d'oxydation : 1° de petites quantités de CO^2; 2° du carbure non oxydé; 3° $(CH^3)^3 \equiv C-CO-C^6H^5$ caractérisée pas sa semicarbazone fondant à 159°. Ce carbure semble donc être homogène et posséder la formule du 3-phényl-4.4-diméthyl-2-pentène

$$(CH^3)^3 \equiv C-\underset{C^6H^5}{C}=CH-CH^3.$$

Oxydation du carbure provenant de la déshydratation du pseudobutylbenzylphénylcarbinol. — En oxydant ce carbure comme les carbures précédents nous avons obtenu : 1° très peu de CO^2; 2° de l'acide benzoïque; 3° de la triméthylacétophénone caractérisée par son oxime fondant à 164°. Nous avons également obtenu une certaine quantité d'un corps fondant à 131° et distillant à 195°-200° sous 15^{mm}. L'analyse de ce corps lui assigne la formule brute $C^{18}H^{20}O$. Remarquons que ce composé dont nous poursuivons l'étude ne diffère du carbure que par un atome d'oxygène.

Le même produit a été trouvé dans l'oxydation du pseudobutylbenzylphénylcarbinol. Cette oxydation a été faite dans les conditions suivantes :

10^g d'alcool ont été oxydés au sein de l'acide acétique par CrO^3; nous avons trouvé

dans les produits d'oxydation : 1° de l'acide benzoïque; 2° de la triméthylacétophénone (caractérisée par son oxime) et du produit fondant à 131°-132°. L'oxydation s'est donc passée comme si l'alcool se déshydratait au cours de l'oxydation bien que l'acide acétique seul à l'ébullition ne produise pas de déshydratation.

Ce composé $C^{18}H^{20}O$ ne donne ni oxime, ni semi-carbazone; il ne renferme donc probablement ni la fonction cétone, ni la fonction aldéhydique; nous en poursuivons l'étude.

Le carbure provenant de la déshydratation du pseudobutylbenzylphénylcarbinol est donc du 1.2-diphényl-3.3-diméthyl-1-butène

$$\begin{array}{l}(CH^3)^3C - C - C^6H^5 \\ \qquad\qquad\ \ \| \\ \qquad\quad\ \ CHC^6H^5\end{array}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le glucodécose et la glucodécite* (α). Note de M. **L.-H. Philippe**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans une précédente Communication[1], nous avons indiqué le mode de préparation de l'acide (α) glucodéconique et dit comment, par évaporation de sa solution, on obtient un mélange formé de lactone et d'anhydride correspondants, en quantités variables d'ailleurs, avec les conditions expérimentales.

Si l'on soumet à l'action de l'H naissant l'acide (α) glucodéconique, on transforme successivement celui-ci en glucodécose (α), puis en alcool décavalent correspondant, la glucodécite.

Glucodécose (α). — Bien que la réduction porte uniquement sur la lactone, le mélange [2] obtenu par cristallisation directe de l'acide glucodéconique peut très bien convenir à la préparation du décose.

Le produit est traité par l'amalgame de Na à 2,5 pour 100 en solution acide à — 2°, jusqu'à ce que le pouvoir réducteur cesse d'augmenter. Après neutralisation, on sépare la lactone non transformée, à l'état de déconate de sodium peu soluble, puis on concentre et l'on traite par l'alcool, suivant le mode habituel. Le décose brut, obtenu par cristallisation du liquide alcoolique, est purifié par plusieurs cristallisations dans

---

(1) *Comptes rendus*, t. 151, p. 986.

(2) Dans les conditions ordinaires, ce mélange ne renferme que quelques centièmes seulement d'anhydride insoluble.

l'eau et l'alcool à 60°. Quant au déconate recueilli, après traitement par SO^4H^2, il peut servir à une nouvelle réduction.

Le rendement de la première opération est de 65 pour 100 environ; celui des suivantes est un peu plus faible. Cependant, après plusieurs passages, on arrive à transformer à peu près intégralement la lactone en décose ([1]).

Le décose pur ainsi obtenu, cristallisé dans l'eau ou l'alcool étendu, se présente sous la forme de fines aiguilles anhydres, fondant peu nettement vers 210°.

Presque insoluble dans l'alcool ordinaire à 95° et l'alcool méthylique bouillants, sa solubilité est d'environ 0,5 pour 100 dans l'alcool éthylique à 85° bouillant. Dans l'eau à 100°, il est excessivement soluble; à la température de 20°, sa solubilité est encore de 22 pour 100.

En solution à 10 pour 100, son pouvoir rotatoire initial est voisin de + 37°. Après 24 heures, ou après ébullition, il devient $[\alpha_D]_{20} = +50°,4$.

Le décose cristallise aussi quelquefois en lamelles hexagonales, pouvant atteindre plusieurs millimètres et répondant à la formule $C^{10}H^{20}O^{10}H^2O$. Ces cristaux se forment quand on abandonne à l'évaporation lente une solution aqueuse fortement concentrée au B. M.; ils sont du reste mélangés avec un peu d'aiguilles. Ils semblent aussi apparaître dans les solutions alcooliques qui, saturées à chaud, ont abandonné au cours du refroidissement la majeure partie de leur décose, sous forme d'aiguilles; dans ces solutions froides, encore sursaturées, il se dépose souvent, par addition d'alcool fort, des cristaux hexagonaux.

Cet hydrate, bien que son mode de formation rappelle celui employé pour préparer les variétés de sucres (glucose, lactose, etc.), à pouvoir rotatoire stable (variétés β de Tanret), ne correspond pas à une forme tautomère du décose; en effet, ses pouvoirs rotatoires, initial et final, aux 5,66 pour 100 d'eau près, ont été trouvés les mêmes que pour le décose anhydre.

Le pouvoir réducteur du décose est environ les $\frac{76}{100}$ de celui du glucose ordinaire ([2]) : il est à remarquer qu'il est à peu près égal aux $\frac{3}{4}$ du pouvoir réducteur des pentoses, quoique son poids moléculaire soit exactement le double.

Le décose donne à froid des combinaisons insolubles dans l'eau et l'alcool avec la phénylhydrazine et ses dérivés (méthyl-, benzyl-, parabromo-). Sa phénylhydrazone

---

([1]) En réalité, on fait aussi un peu de décite, qui, en raison de sa faible solubilité, cristallise en même temps que le déconate de sodium.

([2]) Le pouvoir réducteur de l'heptose est égal à 0,84, celui de l'octose à 0,75, celui du nonose à 0,82 de celui du glucose ordinaire.

$C^{10}H^{20}O^{9}(C^{6}H^{6}N^{2})$ cristallise en belles aiguilles prismatiques incolores (F : 228°-229°), son osazone $C^{10}H^{18}O^{8}(C^{6}H^{6}N^{2})^{2}$ en fines aiguilles jaunes fondant vers 278°.

Glucodécite (α). — On l'obtient en soumettant le décose à l'action de l'amalgame de Na à 2,5 pour 100 en solution acide d'abord, puis en solution neutre, comme à l'ordinaire.

En réalité, la réduction se fait beaucoup moins bien qu'avec les autres sucres de la série et il est très difficile d'arriver à une disparition totale du pouvoir réducteur. Par contre, en raison du peu de solubilité de la décite, son isolement reste très facile. Il suffit, en effet, lorsque la réduction est terminée, de concentrer légèrement pour obtenir une première cristallisation de décite. Le liquide filtré traité par l'alcool qui élimine le $SO^{4}Na^{2}$, fournit par évaporation ménagée le reste de la décite formée. Par cristallisation dans l'eau, on obtient un produit tout à fait pur.

La décite cristallise anhydre en petites aiguilles prismatiques fondant vers 222° et sensiblement volatiles à cette température. Très peu soluble dans l'alcool éthylique, même à 85° bouillant, elle se dissout dans l'eau à raison de 20 pour 100 à 100° et de 0,4 pour 100 à la température ordinaire. Son pouvoir rotatoire est de $[\alpha_D]_{18} = +1°,2$.

Son acétine, qui répond à la formule $C^{10}H^{12}O^{10}(C^{2}H^{3}O)^{10}$, cristallise en lamelles rectangulaires fusibles à 149°-150°, peu solubles dans l'alcool froid, mais très solubles dans le chloroforme. Son pouvoir rotatoire, en solution chloroformique à 5 pour 100, est $[\alpha_D]_{18} = +16°,0$.

La décite est capable de donner avec les aldéhydes des acétals. Avec l'aldéhyde benzoïque, en présence de $SO^{4}H^{2}$, la combinaison est insoluble et se dépose après un temps plus ou moins long. Avec la paraldéhyde, en présence d'HCl, la combinaison n'apparaît que par évaporation de la dissolution.

BOTANIQUE. — *La rouille des Mauves* (Puccinia malvacearum *Mont.*), *sa nature et ses phases de développement*. Note de M. **Jakob Eriksson**.

Depuis plus de deux années nous avons poursuivi des études biologiques sur la rouille des Mauves; en voici les principaux résultats :

1. La *plante hospitalière principale* de la Rouille des Mauves, *Puccinia Malvacearum*, est la Rose-Trémière, *Althæa rosea*. Après celle-ci, le *Malva silvestris* est l'hôte favori du champignon.

2. Il est vrai que nous n'avons pas encore constaté sûrement une *spécialisation* bien prononcée du champignon d'après les différentes plantes hospi-

talières. Le champignon attaque ainsi avec plus ou moins d'intensité trois espèces d'*Althæa* (*A. rosea*, *A. officinalis*, *A. narbonensis*), sept espèces de *Malva* (*M. crispa*, *M. silvestris*, *M. moschata*, *M. Nicæensis*, *M. parviflora*, *M. rotundifolia*, *M. neglecta*) et deux espèces de *Malope* (*M. trifida*, *M. grandiflora*). Dans un cas sur soixante-treize, il envahit le *Lavatera Olbia*. Entièrement indemnes restent les *Sida rhombifolia*, *Anoda parviflora*, *A. Wrightii*, *Lavatera thuringiaca* et *Sidalcea malvæflora*. En d'autres localités, certaines espèces de ces derniers genres sont néanmoins indiquées comme les hôtes du champignon, et ce n'est pas chose impossible, étant donné le nombre déjà grand des espèces susceptibles de servir d'hôtes.

3. La *propagation* de la maladie d'une localité à une autre a lieu, lorsqu'il s'agit de distances considérables, essentiellement à l'aide de graines malades ou de pieds provenant de telles graines. Les graines d'*Althæa rosea*, offertes en vente par les grainetiers, sont souvent, pour ne pas dire le plus souvent, malades.

4. Au début, c'est-à-dire durant trois mois environ, tous les pieds restent indemnes, à supposer qu'il n'y ait pas au voisinage immédiat des plantes rouillées qui puissent les contaminer. Dans les cas où les graines proviennent de source indemne, les pieds restent toujours sains. Si elles sortent au contraire de plantes malades, *la maladie apparaît tout à coup*, au bout des trois premiers mois de santé, sur les feuilles les plus âgées, vigoureuses et toutes développées.

5. Cette première éruption de la maladie produit une multitude innombrable de pustules, très rapprochées les unes des autres et couvrant le dessous de la feuille tout entier. C'est là ce qu'il faut considérer comme l'*éruption primaire* de la maladie, à la différence des pustules tardives et irrégulières qui apparaissent ensuite successivement sur toutes les parties vertes de la plante. Celles-ci sont à regarder comme l'*éruption secondaire* du champignon. L'origine de l'éruption primaire est à chercher dans une source interne de maladie, dans la plante elle-même, tandis que l'origine des taches secondaires est à chercher dans les germes contagieux, provenant du dehors.

6. *L'hivernage* du champignon sur des pieds d'*Althæa rosea*, qui furent malades à l'arrière-saison précédente, ne se fait, dans des conditions régulières, en plein air, ni par des spores hivernantes, ni par un mycélium vivant dans les feuilles qui, éventuellement, ont survécu de l'année précédente, ni par un tel mycélium dans le bourgeon hivernant. Le champignon hiverne dans ce bourgeon sous une forme plasmique; il vit dans le protoplasma des cellules de la plante hospitalière et, mêlé à lui, il constitue une sorte de sym-

biose. C'est ce que nous avons appelé le *mycoplasma*. Sous cette forme plasmique, le champignon continue à vivre dans les feuilles précoces naissant au printemps durant un temps d'environ 3 à 5 semaines, c'est-à-dire jusqu'à l'époque où a lieu sur les feuilles plus vigoureuses, et en ce moment toutes développées, la seconde éruption de la maladie. Cela arrive tôt ou tard, selon le moment plus ou moins avancé où les pieds ayant survécu de l'année précédente sont mis en culture, le plus souvent au mois d'avril ou de mai. Cette apparition printanière est aussi à regarder comme primaire.

7. Les éruptions primaires, automnales et printanières, quoique semblables à l'extérieur, sont, au point de vue biologique, dissemblables. Dans les pustules des éruptions automnales, on reconnaît *deux formes de spores*, pareilles au point de vue morphologique, mais dont la germination se fait de deux manières. C'est que la plupart de ces spores germent à l'aide de courts et larges promycéliums, courbés en arc et produisant des *sporidies;* les autres à l'aide de longs filaments, minces et droits, dont les articulations terminales très courtes se désagrègent comme des *conidies*.

8. Par un *hivernage artificiel* de pieds malades dans des serres de différentes températures, on peut faire vivre la rouille durant l'hiver tout entier. Les pustules nouvelles qui apparaissent alors de temps à autre constituent, comme celles de l'éruption automnale, un mélange des deux formes de spores. Les qualités différentes, caractérisant les pustules primaires des plantes qui ont hiverné d'une manière naturelle, sont à mettre sur le compte du froid qui doit avoir influé sur la phase plasmique du champignon, vivant dans le bourgeon.

9. Une inoculation ayant lieu, les *sporidies* des spores promycéliennes font entrer par la paroi de l'épiderme un *filament vésical* qui pénètre dans les cellules palissadiques contiguës pour entrer ensuite dans les méats intercellulaires. Ces inoculations donnent des résultats positifs; de nouvelles taches de rouille se produisent au bout de 10 à 20 jours.

10. Les *conidies* des spores conidifères versent leur contenu, sans qu'il se produise de pores visibles. Comme une *masse plasmique*, ce contenu entre dans la cellule de l'épiderme, commence par s'y étendre le long de la paroi extérieure en émettant çà et là des bandes transversales vers l'intérieur de la cellule. Peu après, il atteint la paroi intérieure, pénètre dans les tissus cellulaires voisins pour occuper à la fin la feuille tout entière et y vivre d'une vie mycoplasmatique. Après une telle inoculation, on ne voit durant des semaines aucunes traces de maladie. Les feuilles inoculées se développent vigoureusement, comme si elles étaient parfaitement saines,

11. Dans des *embryons* de graines, donnant naissance à des plantes malades, on ne peut découvrir aucune trace de mycélium, et il en est de même pour les pieds eux-mêmes qui tirent leur origine de telles graines.

12. Le champignon ne *sort de l'état plasmatique* pour entrer dans l'état mycélien que peu avant l'apparition des pustules primaires. La transition se prépare par certaines modifications dans la structure du nucléole et se produit de la manière suivante : dans le plasma de la cellule se constitue un nucléole libre, dans et autour duquel semble se concentrer la substance fongique et latente de la cellule. De ce centre vital le champignon non dégagé tend à se rapprocher de la paroi de la cellule. Dès ce moment on voit se constituer un corpuscule en forme de poire, dont la pointe aboutit à la paroi, par laquelle il se fraie un passage, en sortant, dans le méat intercellulaire contigu ou dans la cellule voisine. A l'extérieur de ce point de passage, s'organise une jeune vésicule ou filament. Un grand nombre de cellules agissent ainsi en commun. Les filaments fongiques occupent d'abord surtout les méats intercellulaires, puis les tissus de la feuille, de plus en plus complètement, jusqu'à ce qu'il s'organise un pseudo-parenchyme ininterrompu, et enfin, au bout de 10 à 20 jours, un mycélium sporifère parfait.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches éruptives permiennes du Pic du Midi d'Ossau.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

On sait depuis longtemps que le Pic du Midi d'Ossau est tout entier constitué par des roches éruptives et c'est, je crois bien, le Comte R. de Bouillé qui le premier, en 1885, a mis en évidence la nature spéciale de celles-ci, mais sans en donner d'autre description pétrographique que celle qui est contenue implicitement dans l'appellation de *porphyre à base de feldspath, coloré en vert par de l'amphibole*. Plus récemment M. Bresson, sur la carte géologique détaillée de la région, a figuré comme *andésites* les roches du Pic; et M. A. de Romeu, en parlant incidemment dans sa thèse, les considère comme différents termes d'une série *dacito-andésitique*.

Une étude un peu plus approfondie permet très vite de reconnaître, soit au Pic du Midi d'Ossau, soit dans les vallées immédiatement avoisinantes, l'existence de trois catégories de roches :

La première catégorie comprend toute une série de roches caractérisée, soit par des lamelles de biotite, soit par la présence des éléments de décomposition d'un silicate de fer et de magnésie qui fut à l'état frais de l'hyper-

sthène, et qui contiennent en plus de l'amphibole ou de l'augite. Ce sont des andésites et des dacites avec ou sans phénocristaux de quartz.

La deuxième catégorie comprend des roches schisteuses, riches en mica-biotite et en quartz. Elles contiennent des grenats almandins, mais ne contiennent ni amphibole, ni augite. Ce sont des dacites. Des andésites à hypersthène et grenat leur sont associées, soit sous forme d'enclave, soit sous forme de coulées ou de formations analogues (débris de dômes).

Quant à la troisième catégorie, elle est constituée tout entière par un microgranite qui possède la particularité de contenir des phénocristaux de muscovite. Ce microgranite est intrusif; on le trouve au milieu des derniers sédiments houillers, mais il apparaît aussi au contact d'une dacite à hypersthène et grenat, à laquelle il est intimement mélangé sous forme de brèche de friction.

Les deux premières catégories constituent des coulées, des dômes volcaniques, des laccolites et des filons couches. Les coulées et les dômes sont situés au-dessus du Houiller et confinent au grès rouge permien; les laccolites sont également superposés au Houiller dont ils ont transformé les calcaires en roches à diopside et grenat; ils confinent aux premières coulées. Les filons couches sont tous situés dans les schistes houillers.

En se basant sur les conditions de gisement et sur certaines particularités, comme la présence d'enclaves dans les roches volcaniques ou filoniennes, on peut établir la chronologie des éruptions suivante, en commençant par les termes les plus anciens :

1. Andésites et dacites à hypersthène et grenat (En enclave dans 2).

2. Dacites à biotite et grenat (1re cheminée de l'ascension au Pic; brèche avec microgranite).

3. Andésites à hypersthène, avec augite ou hornblende (Bois de Bious Artigues).
Dacite à hypersthène, avec hornblende altérée (Lac Romassot).

4. Dacites à hypersthène, biotite et hornblende (Lac d'Ayous, Plateau de l'Ours, flancs sud et ouest du Pic).
Dacites à hypersthène, biotite et hornblende, avec enclaves de microgabbros (Pic).

5. Microdiorites à hypersthène, biotite et hornblende (Crête de Mondeil; filons de la vallée d'Arrius).
Microdiorites à hornblende et biotite (Enclaves dans les précédentes; Pont de Camp dans la vallée de Brousset).

6. Microdiorites quartzifères à biotite (Vallée de Brousset).
Kersantites quartzifères (Enclaves dans les précédentes).

Je n'ai, en réalité, aucun argument géologique à faire valoir pour justifier la place du terme 6. Il est constitué par des roches riches en biotite, avec un peu de hornblende, sans hypersthène. Or, on peut constater précisément que plus on monte dans

la série volcanique de cette catégorie, plus on voit la quantité d'hypersthène diminuer pour faire place à la biotite; de sorte qu'il paraît logique de considérer ces roches comme les derniers termes de la série.

Le remplacement de l'hypersthène par la biotite se manifeste dans la série dacitique à grenat (1 et 2) et dans la série dacitique à hornblende et augite (3 à 6), et suit dans l'une et l'autre la même évolution :

Au début des éruptions, il n'y a pas de biotite; à la fin de l'éruption, il n'y a plus d'hypersthène.

Les choses se passent absolument comme dans le cas du gabbro de Saint-Quay-Portrieux que j'ai récemment décrit ([1]). J'ai pu montrer que la transformation de l'hypersthène en biotite était due à l'action des éléments d'un aluminosilicate de potasse sur les éléments de l'hypersthène, l'excès du sel potassique qui ne sert pas à la transformation s'individualisant sous forme de microcline dans les pegmatites. Toutes choses égales d'ailleurs, on peut voir dans le microgranite à muscovite de Bious Artigues l'équivalent des pegmatites de Saint-Quay-Portrieux.

J'ai également pu mettre en évidence que l'action de l'aluminosilicate de potasse se produisait postérieurement à l'action de l'aluminosilicate de soude qui motive la production des feldspaths calcosodiques : c'est identiquement ce qu'on observe au Pic du Midi d'Ossau, où les premiers produits émis ne sont pas soumis à l'action de l'aluminosilicate de potasse tandis que les derniers subissent complètement son action.

Le maximum de potasse fixé est dans la seconde série de 2,5 pour 100. Il y a d'ailleurs aussi, comme dans le cas du gabbro de Saint-Quay-Portrieux, un enrichissement en silice libre : la proportion de silice totale variant de 51,7 à 65,7 pour 100.

Au Pic du Midi d'Ossau, l'action des sels alcalins se fait sentir sur un magma capable de produire du grenat almandin et sur un magma capable de produire de l'augite.

Bien qu'on ait pris l'habitude de classer les grenats parmi les orthosilicates, et les pyroxènes parmi les métasilicates, on peut cependant facilement mettre en évidence les analogies de formule du grenat almandin et de l'augite.

([1]) J. DE LAPPARENT, *Les gabbros et diorites de Saint-Quay-Portrieux et leur liaison avec les pegmatites qui les traversent* (*Bull. de la Soc. franç. de Minéralogie*, t. 33, 1910, p. 254).

De même que l'on écrit habituellement la formule de l'augite

$$SiO^2O(Mg, Fe)CaOSiO^2,$$
$$SiO^2O(Mg, Fe)AlOAlO^2,$$

on peut aussi bien écrire celle de l'almandin

$$SiO^2O(Mg, Fe)(Mg, Fe)OSiO^2,$$
$$SiO^2O(Mg, Fe)AlOAlO^2,$$

mettant ainsi en évidence dans les deux cas le silicate de Tschermak : $(Fe, Mg)OAl^2O^3SiO^2$, et son action dans un cas sur les éléments d'un diopside, dans l'autre cas sur les seuls éléments de l'hypersthène.

La seule différence qui existe donc entre les deux séries éruptives du Pic du Midi d'Ossau est que dans la première toute la chaux est feldspathisable, tandis que dans la seconde une partie de celle-ci ne l'est pas.

ANTHROPOLOGIE. — *Variations des proportions de longueur et de largeur du corps dans le sexe masculin au cours de l'ontogénie post-fœtale.* Note [1] de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les grandes variations de longueur et de largeur subies par les proportions du corps au cours de la croissance sont exprimées ici en *centièmes* de la stature. J'ai pu ainsi préciser, par 129 mesures individuelles, relevées sur des centaines de sujets sains, les diverses modifications que, d'âge en âge, le développement extra-utérin apporte aux proportions du corps.

Les rapports à la taille sont très différents des rapports anatomiques proprement dits ; mais ils sont figuratifs et fournissent de claires indications sur les variations morphologiques qu'il importe de connaître.

A partir de la naissance, le crâne suit de moins en moins la taille dans sa croissance. Sa hauteur, qui représente les $\frac{18}{100}$ de celle de la taille, et sa largeur qui en est les $\frac{19}{100}$, tombent chez l'adulte à $\frac{8}{100}$ et à $\frac{9}{100}$. Le crâne perd $\frac{10}{100}$ verticalement et transversalement. Le tronc, de la fourchette sternale au plan bi-trochantérien, subit, comme le crâne, des réductions de $\frac{9}{100}$ et de $\frac{4}{100}$ sur sa hauteur et sur sa largeur qui passent, la première de $\frac{48}{100}$ à $\frac{29}{100}$, la seconde, de $\frac{20}{100}$ à $\frac{16}{100}$ de la taille. L'intermédiaire entre ces deux segments, le cou, gagne au contraire sur elle et monte de $\frac{8}{100}$ à $\frac{10}{100}$. Sa largeur, à l'encontre de sa longueur, éprouve, par rapport à la taille, une diminution de $\frac{3}{100}$.

---

(1) Présentée dans la séance du 12 juin 1911.

Dans des limites beaucoup plus étendues, le membre inférieur est le siège, jusqu'à la puberté, d'un accroissement proportionnel qui, en montant de 38 à 53, dépasse considérablement l'allongement de la taille et qui assure temporairement à ce segment une participation prépondérante à la constitution de la stature. Le membre supérieur ne partage pas le rythme du membre pelvien dans son accroissement proportionnel de la taille. Il se rapproche bien plutôt du cou, et, comme lui, d'une façon ininterrompue, réalise un allongement supérieur à celui de la stature sur laquelle il gagne $\frac{6}{100}$ en fin de croissance.

Les segments constitutifs de la taille, dans leur ordre anatomique de superposition, offrent donc, relativement à l'accroissement de la stature, une *supériorité et une infériorité alternatives* de leur participation proportionnelle.

C'est un cas de la *loi d'alternance* qui se trouve formulée dans mes divers travaux de 1902 à 1910, et qui, dans l'espèce, peut s'énoncer de la façon suivante: *Si l'accroissement proportionnel à la taille est supérieur à celui de la stature pour un segment du tronc, il lui est inférieur pour le segment situé immédiatement au-dessous.*

Les proportions de *largeur* suivent le rythme de l'allongement relatif du tronc; elles vont en se réduisant, du moins jusqu'à la puberté. La majeure partie de cette réduction, par rapport à la taille, est effectuée dès l'âge de 6 ans, comme pour la longueur proportionnelle du tronc.

De 6 à 15 ans, la réduction se poursuit à une allure très ralentie. *Tout à coup, le sens des variations change; la puberté est survenue.* Toutes les largeurs manifestent une augmentation de leur taux d'accroissement. Cela correspond à un mouvement de même sorte dans la *longueur* relative du tronc, tandis qu'au membre pelvien le rapport à la taille va décroître pour la première fois depuis la naissance.

Les rapports à la taille du tronc et du membre pelvien nous offrent, à l'heure pubère, la même alternance que l'accroissement absolu du membre pelvien et du tronc, le tronc reprenant, alors, dans *l'allongement* de la taille, la part prépondérante qu'il avait conservée pendant toute la durée de la vie intra-utérine. Les proportions rendent l'alternance plus manifeste parce qu'elles mettent en regard deux progressions de sens inverse: celle du tronc qui remonte après descente depuis la naissance, celle du membre pelvien qui descend après marche ascensionnelle à travers les 15 premières années de la vie.

Les deux grandeurs relatives, cou et membre thoracique, qui conservent leur progression continue jusqu'à la puberté comme le membre pelvien, s'en éloignent ensuite par le maintien du sens de cette progression au delà de la puberté. La grande envergure, dimension maxima du corps, conserve pendant toute la période ontogénique post-embryonnaire, un rapport à la taille en tout comparable à celui du membre thoracique. Le diamètre bi-acromial, qui s'ajoute à la longueur des deux membres thoraciques pour constituer la grande envergure, possède dans son rapport à la taille une fixité exceptionnelle et par suite n'influence en rien la corrélation signalée.

Le maintien de la progression continue dans un même sens, des rapports de longueur à la taille, se retrouve au segment crânien. Mais, tandis qu'elle reste constamment décroissante au crâne, elle se montre constamment croissante au cou et au membre thoracique.

Le segment médian du tronc, compris entre la pointe du sternum et l'ombilic, offre, comme le crâne, une continuité décroissante de son rapport à la taille depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte. Ce caractère le différencie des deux segments situés au-dessus et au-dessous de lui : le thorax et l'abdomen *iliaque* ou inférieur pour lesquels la continuité décroissante change de sens à la puberté.

1. L'évolution des variations présentées par les proportions de largeur et de longueur du corps, se répartit d'elle-même en trois phases, offrant une activité de croissance différente : la première phase s'arrête à 6 ans, époque à laquelle sont parcourus les $\frac{6}{10}$ et, pour quelques proportions, les $\frac{9}{10}$ de l'augmentation ou de la diminution de l'accroissement proportionnel; de telle façon que la silhouette à cet âge indique déjà ce que sera la silhouette de l'adulte.

La seconde phase s'étend de 6 ans à la puberté, la troisième se termine à l'âge adulte, à la nubilité. La plus active pour l'élargissement proportionnel du corps, la dernière, est aussi la moins active pour son allongement proportionnel. C'est l'inverse qui a lieu pendant la première phase ; la seconde phase n'est qu'une suite ralentie de la première.

2. Le développement proportionnel de chaque segment du corps envisagé à ses différentes phases, ainsi que celui des divers segments du corps comparés entre eux se montrent soumis à la *loi des alternances* ([1]).

3. Les variations des proportions de longueur et de largeur du corps dans le sexe masculin sont profondément modifiées par l'âge pubère; la puberté change, en effet, le sens de la plupart des variations, vérifiant pour les accroissements proportionnels la *loi des majorations pubertaires* (pages 186 à 194 de *mes Recherches*, 1902).

4. Les proportions de largeur du corps présentent des variations propres, qui sont en corrélation avec celles des proportions de longueur du tronc et non avec celles des proportions de longueur du membre pelvien.

5. La réduction des proportions (à la taille) des réservoirs viscéraux atteint sa limite extrême à la veille de la puberté [commencée dès la naissance elle devient un péril (Apert) aux approches de la puberté].

([1]) *Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps*, page 108 à 176. Paris, Maloine, 1903.

MÉDECINE. — *Glycosurie et saccharosurie chez l'homme sain consécutives à l'absorption de* 100 *grammes de saccharose.* Note de M. **J. Le Goff**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans ma dernière Note sur la mortalité des diabétiques (¹) j'émettais l'opinion que la consommation exagérée du saccharose pouvait être l'une des causes de l'augmentation des cas de diabète que l'on a signalée depuis 30 ans dans tous les pays.

Pour vérifier l'exactitude de cette hypothèse, j'ai entrepris des recherches dont je publie aujourd'hui les premiers résultats.

A partir du commencement du XIXe siècle, on n'a cessé d'encourager la consommation du sucre. En 1820, elle était en France de 48 millions de kilogrammes par an; en 1890 elle atteignait 468 millions de kilogrammes. En 70 ans elle a décuplé. Peut-on sans inconvénient modifier en si peu de temps nos habitudes? Je ne le pense pas.

Depuis les recherches de MM. Linossier et Roque, faites en 1895 sur la glycosurie alimentaire peu de travaux ont été publiés sur ce sujet.

J'ai voulu reprendre la question à mon point de vue spécial. J'ai choisi 22 sujets sains et de bonne volonté, à moi connus, n'ayant jamais présenté de glycosurie; j'ai fait absorber à chacun d'eux, le matin, à 8h, 100g de saccharose dissous dans un verre d'eau. Je leur faisais, au préalable, vider la vessie.

Les sujets n'ont rien changé à leurs habitudes, ni dans leur alimentation ni dans leur travail. Après 4 heures, j'ai recueilli moi-même leurs urines. J'ai commencé mes expériences le 10 mai.

Les urines portées le jour même, rarement le lendemain, au Laboratoire, présentaient à l'examen sommaire, dans la plupart des cas, la réduction de la liqueur cupropotassique, ce qu'elles ne donnaient pas avant l'expérience.

Recherche et dosage du glucose. — Pour les dosages du glucose, dans toutes mes analyses, j'ai déféqué les urines par le nitrate de mercure d'après la méthode suivante décrite par MM. Patein et Dufau :

On prend 50cm³ d'urine auxquels on ajoute 25cm³ de la solution de nitrate de mercure, puis goutte à goutte une lessive de soude jusqu'à neutralisation. On complète à 100cm³ et l'on filtre. Le liquide qu'on obtient est mis de 2 à 3 heures en contact avec

(¹) *Comptes rendus*, 20 mars 1911.

2g de poudre de zinc. On agite de temps en temps. On filtre de nouveau. On obtient un liquide incolore dans lequel on dose le glucose avec facilité.

Avec ce liquide, j'ai obtenu toutes les réactions du glucose : fermentation par la levure, réduction de la liqueur de Fehling, décoloration du bleu de méthylène en milieu alcalin, coloration avec une solution d'α-naphtol et acide sulfurique, glucosazone insoluble dans l'eau bouillante et cristallisant en fines aiguilles à fusion instantanée au bloc Maquenne à 230°, etc.

J'ai dosé le glucose en me servant d'une liqueur cupropotassique titrée et préparée suivant la formule de Pasteur.

J'ai résumé dans le Tableau ci-après les résultats de tous mes dosages.

Recherche du saccharose. — J'intervertissais le liquide non employé au dosage précédent, et y ajoutant 5 à 6 gouttes d'acide chlorhydrique fumant par 50$^{cm^3}$, je maintenais l'ébullition pendant 2 minutes et neutralisais par le carbonate de sodium, puis complétais au volume primitif.

Dans ce liquide, j'ai de nouveau dosé le pouvoir réducteur au moyen de la liqueur de Fehling et calculé le résultat en glucose. Je m'étais assuré auparavant, par des dosages, que le procédé de défécation au nitrate de mercure ne précipitait pas le saccharose. Dans les 22 cas observés, le pouvoir réducteur du liquide inverti a été supérieur au pouvoir réducteur des urines, ce qui indique qu'une partie du saccharose absorbé a passé en nature dans les urines. La présence du saccharose a été caractérisée par l'augmentation du pouvoir réducteur vis-à-vis de la liqueur de Fehling et le bleu de méthylène, par la proportion d'anhydride carbonique obtenue par la fermentation directe des urines déféquées, enfin par la production de la réaction de Séliwanoff, caractéristique de lévulose, et que je n'obtenais pas avant l'inversion.

Je me réserve de rechercher ultérieurement l'acide glycuronique dans les liquides provenant de l'hydrolyse des urines.

Tableau donnant les résultats des dosages pour les 22 sujets.

Nos.	Noms.	Profession.	Age.	Poids du corps en kilog.	Glucose libre par litre.	Glucose par litre après interversion.	Saccharose. calculé.
1.	B....	rentier	65	74	5,27	6,75	1,40
2.	J....	bureaucrate	63	78	0,80	2,32	1,44
3.	L. F..	docteur médecin	30	74	0,92	1,88	0,91
4.	A....	pharmacien	45	74	1,42	3,29	1,77
5.	T....	prêtre	48	72	0,42	0,86	0,41
6.	C....	rentier	32	50	0,00	1,27	1,20
7.	L....	étudiant	25	50	1,51	1,92	0,38
8.	E....	avocat	46	72	0,87	1,20	0,41
9.	V....	employé	63	78	0,74	1,92	1,12
10.	L....	docteur médecin	47	64	1,78	2,94	1,10
11.	S....	commerçant	36	80	0,40	0,50	0,09
12.	M....	employé	32	60	0,76	1,75	0,95

Nos.	Noms.	Profession.	Age.	Poids du corps en kilog.	Glucose libre par litre.	Glucose par litre après interversion.	Saccharose calculé.
13.	C....	commerçant	45	107	2,50	2,77	0,24
14.	B....	banquier	62	64	1,66	10,00	7,91
15.	V....	employé	55	74	0.60	1,08	0,46
16.	S....	étudiant	35	50	0,00	1,40	1,33
17.	D....	concierge	62	74	1,11	4,17	2,90
18.	R....	employé	30	60	1,08	3,84	2,62
19.	L....	employé	28	48	1,34	3,57	2,13
20.	N....	professeur	67	90	0,50	1,43	0,88
21.	D....	employé	37	65	0,75	1,47	0,68
22.	C....	chimiste	32	69	0,71	3,33	2,49

Le numéro 22 avait pris la veille au soir 100g de sucre, et l'urine émise le matin avant la nouvelle prise de 100g renfermait 2g,08 de glucose et 1g,46 de saccharose.

Ce travail a été fait au laboratoire de M. le Prof. Gautier.

D'après ce Tableau, dans tous les cas, il y a eu saccharosurie, qui a entraîné l'élimination d'une quantité plus ou moins grande de glucose, sauf dans deux cas, les nos 6 et 16, et qui se rapportent à deux sujets ne prenant pas habituellement de sucre.

La petite quantité de glucose de 0g,03 à 0g,09 que Tollens et Baisch ont trouvée dans toute urine humaine normale provenait probablement du sucre absorbé.

On doit se demander si le passage au travers du rein d'une substance, comme le saccharose, qui n'est pas directement assimilable, ne serait pas susceptible d'y produire des troubles et des lésions, et de déterminer à la longue la glycosurie permanente.

PHYSIOLOGIE. — *Coefficient d'empoisonnement dans l'intoxication mortelle oxycarbonique chez l'homme.* Note de MM. **V. Balthazard** et **Maurice Nicloux**, présentée par M. Bouchard.

Les documents publiés sur cette importante question de médecine légale sont encore très peu nombreux [1], et cependant, apportés en grand

---

[1] Nous ne connaissons que les deux observations de A. Lacassagne, Etienne Martin et Maurice Nicloux : *Deux cas d'intoxication mortelle par l'oxyde de carbone, analyse des gaz du sang* (*Société de Biologie*, t. LV, 1903, p. 15); *Étude de l'intoxication oxycarbonée* (*Archives d'Anthropologie criminelle*, t. XVIII, 1903, p. 210).

nombre, ils constitueraient, à n'en point douter, des points de repère précis auxquels le médecin légiste pourrait recourir d'abord dans quelques cas d'empoisonnement douteux par l'oxyde de carbone, et peut-être aussi dans certains cas d'intoxications multiples où la délicate question de survie est en jeu.

Ce sont les premiers résultats de cette étude, répondant au desideratum que nous venons d'exprimer, que nous soumettons aujourd'hui à l'Académie.

Il faut dire de suite que la détermination de la quantité d'oxyde de carbone dans un échantillon de sang prélevé à l'autopsie d'un individu intoxiqué par ce gaz ne présente qu'un intérêt restreint, et qu'en tout cas elle *ne peut donner aucune idée de l'intensité de l'intoxication* (1); on en comprend facilement la raison : le sang, recueilli à l'autopsie, peut être plus ou moins dilué par le plasma ou le sérum, plus ou moins riche en globules, qui seuls renferment l'hémoglobine sur laquelle se fixe l'oxyde de carbone. Il faut donc de toute nécessité ajouter une notion nouvelle, que nous trouvons dans le rapport de la quantité d'oxyde de carbone fixée par le sang à la quantité *maxima* que ce *même sang* eût été capable de fixer; seul ce rapport, auquel nous proposons de donner le nom de *coefficient d'empoisonnement*, indépendant de la plus ou moins grande concentration des globules dans le liquide qui les baigne, permet de préciser l'intensité de l'intoxication.

On voit immédiatement que le coefficient d'empoisonnement est inférieur à l'unité, mais s'en rapproche d'autant plus que l'intoxication est plus profonde et la tolérance de l'organisme pour le gaz toxique plus considérable; il s'en éloigne dans le cas contraire. Multiplié par 100, il représente le pourcentage d'hémoglobine engagée dans les globules à l'état de combinaison oxycarbonée (2).

---

(1) De ce fait, tous les dosages d'oxyde de carbone dans le sang, publiés dans les Ouvrages classiques, sans détermination du coefficient d'empoisonnement, sont inutilisables.

(2) N. Gréhant, sous le nom de *coefficient d'empoisonnement*, avait proposé le rapport :

$$\frac{\text{quantité d'oxyde de carbone fixé par le sang}}{\text{quantité d'oxygène que ce même sang peut encore fixer}}.$$

Ce rapport a l'inconvénient de ne pas donner de suite une idée nette de l'intensité de l'intoxication.

Avant d'exposer les résultats de nos observations, nous décrirons très brièvement la technique que nous avons suivie.

TECHNIQUE. — 1° *Autopsie.* — Le sang est prélevé dans les cavités cardiaques; si le cœur est vide, il suffit de presser sur les poumons et les viscères thoraciques pour y faire refluer le sang.

2° *Analyse des gaz du sang.* — Le traitement du sang fluide s'effectue comme il suit [si le sang est coagulé en partie, on le traite comme l'un de nous l'a indiqué (1) et l'on se trouve ramené au cas du sang liquide] : un certain volume de sang, 25^{cm^3} environ, est mesuré, puis introduit dans un ballon vide contenant de l'acide phosphorique, en communication avec la pompe à mercure; les gaz sont extraits et analysés, l'oxyde de carbone déterminé par une analyse eudiométrique. Un autre échantillon de sang, 75^{cm^3} à 100^{cm^3}, est saturé par l'oxyde de carbone pur (barbotage et agitation énergique pendant 30 minutes); on en mesure un certain volume, 25^{cm^3} environ, et les gaz sont extraits et analysés comme plus haut.

Dans les deux cas, la quantité d'oxyde de carbone est rapportée à 100^{cm^3} de sang; le rapport des deux quantités ainsi obtenues détermine le coefficient d'empoisonnement.

Sans entrer dans les détails de nos observations, qui seront publiés ailleurs, voici un Tableau qui résume sept d'entre elles avec, pour chacune d'elles, le mode d'intoxication et les données fournies par l'analyse :

Nature de l'empoisonnement.	Homme ou femme.	Age.	Quantité de CO pour 100^{cm^3} de sang naturel.	saturé.	Coefficient d'empoisonnement.
Mort accidentelle par le gaz d'éclairage.	femme	25	17,1	25,3	0,68
Suicide par réchaud à charbon.........	femme	40	15,9	24,6	0,65
Mort accidentelle par CO..............	homme	30	17,6	25,4	0,69
Mort accidentelle par le gaz d'éclairage.	homme	60	16,0	24,3	0,66
Mort accidentelle par CO.............	enfant	3	10,85	17,25	0,63
Mort accidentelle par le gaz d'éclairage.	femme	25	10,1	16,8	0,60
Mort accidentelle par CO (2)..........	femme	40	17,7	26,5	0,67

Deux observations ne figurent pas dans ce Tableau parce qu'elles diffèrent très notablement des précédentes et ne peuvent leur être comparées. Dans la première (observation de A. Lacassagne, Étienne Martin et Maurice Nicloux, *loc. cit.*), il s'agit d'une vieille demoiselle de 73 ans, atteinte de lésions cardiaques, aortiques et rénales, morte accidentellement par l'oxyde de carbone; sa résistance devait être plus faible pour l'oxyde de carbone

(1) MAURICE NICLOUX, *Sur l'extraction de l'oxyde de carbone du sang coagulé* (*Société de Biologie*, t. LV, 1903, p. 13).

(2) Observation de A. Lacassagne, Étienne Martin et Maurice Nicloux (*loc. cit.*).

et nous avons en effet trouvé la valeur 0,53 pour le coefficient d'empoisonnement. Dans la seconde observation, nous avons laissé, à dessein, se développer les processus putréfactifs sur le cadavre et dans le sang; après l'autopsie, nous avons trouvé pour le coefficient la valeur 0,48.

De l'ensemble de ces recherches, nous pouvons conclure que le coefficient d'empoisonnement chez l'homme varie entre 0,60 et 0,70, soit une moyenne de 0,65; *la mort survient dès que* 65 *pour* 100, *les deux tiers par conséquent, de l'hémoglobine totale, fixés à l'état de combinaison oxycarbonée, sont devenus incapables de véhiculer l'oxygène*. Le tiers restant est insuffisant pour assurer l'hématose et la vie.

Cette donnée présente un intérêt physiologique évident; mais, de plus, elle résulte de la confrontation d'analyses qui, nous le croyons, constituent des documents importants pour l'histoire de l'intoxication oxycarbonée chez l'homme.

ZOOLOGIE. — *Effets de la morsure d'un Lézard venimeux d'Arizona, l'*Heloderma suspectum *Cope*. Note de Mme **Marie Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

La fonction venimeuse est une rareté chez les Lézards, et se trouve jusqu'à présent limitée à une seule famille, celle des *Helodermatidæ*, qui ne comprend que le genre *Heloderma*, et deux espèces *H. horridum* Wiegman, et *H. suspectum* Cope, respectivement désignées dans leur pays d'origine sous les noms de *Escorpion* ou *Silatica* et *Gila monster*.

Ces Reptiles d'Amérique, dont l'aire de répartition est limitée à la zone comprise à l'ouest des Cordillères de l'Amérique centrale et du Mexique, à l'isthme de Tehuantepec au Sud, à l'Arizona au Nord, ont toujours eu une mauvaise réputation, signalée déjà en 1651 par Hernandez. « En une semaine seulement, dit plus tard Weir Mitchell (1881), nous avons reçu deux lettres d'Arizona, l'une décrivant l'animal *comme plus pacifique et plus innocent qu'un jeune missionnaire, et l'autre comme étant pire que toute une boutique d'apothicaire*. »

En ce qui concerne les petits animaux de laboratoire, grenouilles, souris, lapins, chiens, pigeons, poules, etc., les expériences positives de Sumichrast, de Weir Mitchell et Reichert, de G.-A. Boulenger et Fayrer, de Santesson, de Van Denburg et Wight ont complètement justifié la seconde opinion

contre la première partagée par Horan, superintendant du National Museum, et le Dr Irwing.

Mais pour l'action sur l'homme, les observations détaillées font défaut; aussi les avis sont-ils encore partagés entre celui de Shufeldt (1) qui mordu au pouce, n'éprouva passagèrement qu'une douleur vive, lancinante, une grande faiblesse et des sueurs profuses, et celui de Treadwell (2). Rapportant sans détails le cas du colonel Yearger qui, mordu au pouce par un Gila familier avec lequel il jouait, mourut en quelques heures, il ajoutait : « Comme c'est la troisième ou la quatrième mort qui a été occasionnée en Arizona par la morsure de ce reptile, on doit abandonner une fois pour toutes la théorie que leur morsure n'est pas venimeuse. »

L'observation suivante montre qu'il s'agit bien d'un venin et que la sévérité plus ou moins grande des symptômes dépend tant de la quantité de venin inoculé que de la manière dont fonctionnent les moyens de défense de l'organisme.

Observation. — Le 6 juin dernier, vers les 5h du soir, j'examinais un Héloderme de la ménagerie du Muséum, que M. le professeur Roule avait bien voulu me prêter, et tenant l'animal de la main gauche, j'essayais avec l'index de la main droite de lui faire ouvrir la bouche pour apercevoir les dents venimeuses situées sur le maxillaire inférieur. L'examen était terminé à ma satisfaction quand, par un brusque mouvement latéral de la tête, le Gila saisit en long l'extrémité de mon index droit entre la moitié droite de ses mâchoires.

La constriction était si forte proportionnellement à la taille de l'animal (qui mesure 40cm et pèse 520g), que je n'aurais pu espérer me dégager seule sans étouffer la bête. Mais, fort heureusement, M. le Dr Deyrolle, qui se trouvait présent, vint à mon aide; au moyen d'un couteau à huîtres qu'il engagea dans l'écartement que ménageait mon doigt et d'un tournevis sur lequel il fit tourner lentement la tranche la plus vive du couteau, il parvint très adroitement à écarter les mâchoires de l'Héloderme sans lui faire aucune blessure. Je pus donc le remettre sain et sauf dans sa cage, où il reprit son allure torpide, sans manifester aucun signe d'irritation.

Une seule des dents venimeuses avait pénétré dans la pulpe; deux autres avaient comprimé l'ongle jusqu'à faire des ecchymoses au-dessous, et deux dents du maxillaire supérieur s'étaient profondément fixées dans les tissus. La plaie saignait beaucoup : je la lavai à grande eau pendant une dizaine de minutes; et, comme la douleur était très violente, j'appliquai une compresse imbibée d'éther pour essayer de la modérer.

---

(1) R.-W. Shufeldt, *The bite of the Gila monster* (Heloderma suspectum) (*Amer. nat.* 1882, p. 907).

(2) *Extracts from a letter addressed to John Lubbock by G.-A. Treadwell, concerning a fatal case of poisoning from the bite of Heloderma suspectum* (*Proceed. of Zool. Soc. of London*, 1888, p. 266).

Elle s'irradiait au médius et se propageait sur tout le trajet du nerf médian jusqu'à l'aisselle. En même temps apparaissait un gonflement de couleur pourpre, qui s'étendit de l'extrémité de l'index jusqu'au poignet, en suivant le bord interne de la face dorsale de la main. Mais dans cette action locale, le pourtour de la blessure faite par la dent venimeuse, à l'exclusion des autres, était aréolé d'une zone pâle, comme on l'observe autour de la piqûre des Vespidæ.

Les symptômes généraux suivirent, à 5 minutes près, la morsure; ils débutèrent par une sueur profuse généralisée, avec pâleur marbrée de la face et sensations de vertige, m'obligeant à m'asseoir. Une demi-heure après, les autres émonctoires entraient également en jeu (diurèse et flux intestinal). Ni vomissements, ni même de nausées.

Les phénomènes étant calmés, je pus, au bout d'une heure environ, rentrer chez moi, où les vertiges et les sueurs profuses reprirent, alternant avec une abondante diurèse. Je m'étendis aussitôt sur un lit, où je restai pendant une dizaine de minutes; puis je me levai pour recevoir M. le D^r Desgrez qui, informé du petit accident, venait m'assister. A ce moment, la douleur locale était un peu calmée, les phénomènes généraux semblaient éteints; mais les vertiges reparurent et je perdis connaissance. Pendant une minute environ que dura la syncope, il se produisit des mouvements convulsifs. Au réveil, les sueurs recommencèrent ainsi que la diurèse et la sensation de défaillance qui disparut par le repos au lit. Les phénomènes immédiats de l'envenimation avaient duré à peu près 3 heures.

Tout le traitement se borna à éteindre ma soif (qui était grande après une telle déshydratation) par de l'orangeade fraîche.

Quant à l'action locale, elle conserva toute la nuit une grande acuité, avec exacerbations et perception douloureuse de chaque pulsation capillaire, malgré l'enveloppement humide de la main avec des compresses d'eau bouillie; mais le gonflement ne s'étendit pas davantage, et il n'y eut pas de retentissement sur les ganglions de l'aisselle.

Dans les sept jours qui suivirent, j'observai encore de l'asthénie, des vertiges, une décharge d'acide urique comme après une grande fatigue. La douleur locale persista avec des exacerbations, dues sans doute à l'action irritative du venin resté dans la profondeur de la plaie, car celle-ci avait bonne allure et ne manifestait aucune infection secondaire.

Il ne fait pas de doute que les phénomènes toxiques eussent pris une plus grande importance si la blessure avait été produite par les dents venimeuses des deux mandibules et que les appareils d'élimination eussent moins bien et moins rapidement fonctionné.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques points de la biologie de la Cochylis* (Conchylis ambiguella *Hübn.*) *et de l'Eudémis* (Polychrosis botrana *Schiff.*). Note de M. **F. Picard**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les deux Microlépidoptères dont il s'agit se montrent cette année dans les vignobles de l'Hérault avec une fréquence plus grande encore que l'an

dernier, en dépit des traitements à l'arséniate de plomb généralisés et fréquemment renouvelés.

Je résumerai brièvement quelques observations nouvelles que j'ai pu faire sur la biologie de ces insectes :

1° On admet que les papillons apparaissent au début de mai. Il n'en a rien été dans l'Hérault. Mes élevages m'ont donné des adultes dès le 1er mars et les éclosions se sont échelonnées depuis cette date jusqu'à la fin de mai. Dans les vignobles, j'ai vu une Cochylis adulte dès le 24 mars, dans une région cependant montagneuse et tardive.

2° On suppose que le papillon ne se nourrit pas. En réalité, il est très avide de liquides sucrés ; j'ai nourri mes insectes captifs avec du sirop de sucre.

3° La ponte ne se produit pas à tous les temps. Par les temps secs où le mistral souffle, le papillon se cache. Par les journées humides et tièdes, lorsqu'un vent faible vient de la mer et que le ciel est couvert, les Cochylis et Eudémis sont très excitées, volent, même en plein jour, et déposent leurs œufs sur les grappes. On pourrait donc, sans doute, prévoir les jours de ponte, jusqu'à un certain point, ce qui serait fort utile pour la date du premier traitement.

4° On croit que les larves se nourrissent uniquement des grappes. Dans mes cages d'élevage, j'ai trouvé des chenilles de Cochylis rongeant la moelle des sarments, les pétioles des feuilles et les vrilles. J'ai observé aussi de nombreuses Eudémis dans les pousses terminales. Je n'ai pas encore remarqué ces faits dans les vignobles, mais Schwangart l'a fait, dans des cas très rares, pour l'Eudémis.

5° On indique une trentaine d'œufs pour la ponte de la Cochylis et de l'Eudémis. Des dissections nombreuses, faites dès le mois de mars sur des femelles n'ayant pas pondu, m'ont permis d'observer les faits suivants : chacun des deux ovaires est constitué (comme chez les autres papillons), de 4 gaines ovariques. Chaque gaine contient une file d'œufs de moins en moins mûrs de la base au sommet (encore comme chez tous les papillons) et séparés les uns des autres par une cellule vitellogène (encore comme chez les autres Lépidoptères). Chez la Cochylis, il y a 20 œufs par gaine, soit 80 par ovaire et 160 en tout ; chez l'Eudémis, environ 15 par gaine, soit 120 en tout. Ces observations ne prouvent pas formellement que la Cochylis ponde 160 œufs en réalité, ni l'Eudémis 120; mais elles sont de nature à nous faire supposer que le chiffre de 30 œufs généralement admis est trop faible.

Ces observations sont nouvelles; encore que certaines soient signalées dans une Note publiée dans ces *Comptes rendus*, le 29 *mai*, par M. Maisonneuve; j'en revendique la priorité, car je les ai exposées publiquement le 19 *mai dernier*, au Congrès international de Viticulture de Montpellier.

Je me permets, en outre, les remarques suivantes sur le travail de cet auteur : 1° on y trouve indiquées 3 gaines dans chaque ovaire, alors que la Cochylis et l'Eudémis en ont 4 de chaque côté (comme tous les Lépidoptères), ce qui porte le nombre maximum des œufs à 160 et non à 120,

ainsi que le croit M. Maisonneuve; 2° le reploiement en S des gaines ovariques n'est pas signalé, bien qu'il soit fréquent et bien particulier chez les Lépidoptères; 3° enfin, il y est décrit « une réserve protoplasmique non différenciée » (?) dont on peut se demander la signification, si l'auteur ne veut point parler des cellules vitellogènes que tout le monde a vues dans les ovaires des papillons et qui sont naturellement plus développées à l'extrémité des gaines, là où les œufs sont les plus petits.

MICROBIOLOGIE. — *De l'action des microbes sur quelques types de matières colorantes.* Note de MM. **P. Sisley**, **Ch. Porcher** et **L. Panisset**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note antérieure [1] nous avons montré que les matières colorantes azoïques, administrées *per os*, subissaient dans l'organisme une réduction aboutissant à une dislocation de la molécule entre les deux atomes d'azote. En faisant observer ensuite que la traversée du tube digestif par les colorants azoïques était indispensable pour que ceux-ci soient réduits, nous en arrivons implicitement à conclure que c'était la flore microbienne du conduit intestinal qui intervenait dans le procès chimique de réduction des azoïques. La présente Note vient apporter la preuve expérimentale de cette assertion.

Au milieu de culture (solution de peptone à 2 pour 100) on ajoute 1 pour 1000, quelquefois 2 pour 1000 de la matière colorante azoïque. On ensemence et l'on porte à l'étuve à 37°.

Les microbes utilisés ont été le *Bacillus coli* (variétés H et I), le *Bacille typhique* et le *Proteus*. Avec le *Bacillus coli* et le *Proteus*, nous nous sommes servis de cultures aérobies et de cultures anaérobies sous l'huile.

La recherche des produits de décomposition des colorants azoïques (acide sulfanilique notamment, dans le cas de l'*Orangé I* et de l'*Orangé II*), s'opère ici plus facilement que dans l'urine; nous savons en effet qu'avec cette dernière il faut d'abord commencer par détruire l'urée en ajoutant, d'une façon ménagée, un excès de nitrite de soude en milieu acide.

L'*Orangé I*, l'*Orangé II*, l'*Orangé III*, l'*Orangé IV*, en solution à 1 pour 1000 dans l'eau peptonée à 2 pour 100, sont entièrement décomposés en 48 heures par le *Bacillus coli*, le *Bacille typhique*, le *Proteus*. En solution à 2 pour 1000, la décomposition, au bout du même temps, est presque totale; c'est ainsi qu'on n'a retrouvé que $0^g,06$ sur 2 pour 100 de colorant inaltéré (*B. coli* sur Orangé I).

---

(1) P. Sisley et Ch. Porcher, *Du sort des matières colorantes dans l'organisme animal* (*Comptes rendus*, t. **152**, 18 avril 1911, p. 1062).

En cultures aérobies, la décoloration du milieu additionné d'Orangé I est suivie assez rapidement d'un brunissement de la liqueur dû aux produits d'oxydation de l'amino-naphtol mis en liberté. Un tel brunissement ne s'observe plus en cultures anaérobies et le milieu au bout de quelques jours a repris, en raison de la réduction totale de l'azoïque, la coloration ordinaire des solutions peptonées; la caractérisation de l'acide sulfanilique en est par cela même facilitée.

Les milieux additionnés de *Ponceau cristallisé* à 1 pour 1000 sont décolorés au bout de 5 à 6 jours par le *Bacillus coli*, le *Proteus*, mais non par le *Bacille typhique*. Il y a donc là un exemple de différenciation microbienne basée, objectivement, sur la décoloration ou non d'un colorant déterminé et, en dernière analyse, sur la possibilité de détruire ou non une liaison chimique bien définie. Peut-être des recherches effectuées dans une telle direction seront-elles aussi fructueuses qu'intéressantes.

Il était déjà antérieurement connu que les micro-organismes pris en bloc (on ne les désignait pas expressément) étaient capables de réduire les matières colorantes et d'amener ainsi la perte de leur pouvoir tinctorial.

Raulin (1), le premier, fit observer que si quelques colorants (carmin d'indigo, etc.) après leur décoloration, sous une influence microbienne, se recolorent à l'air, « certains dérivés azoïques, le Ponceau 3 R de Meister Lucius, l'Orangé II Poirrier, le Rouge Bordeaux, se décolorent assez rapidement, sans se recolorer à l'air ».

Nous apportons l'explication que Raulin ne put fournir en 1888. Alors que les premières matières colorantes, dont parle Raulin, sont de celles qui donnent sous l'action réductrice des micro-organismes, plus ou moins facilement, des leuco-dérivés, et cela sans que le squelette de la molécule ne soit en rien altéré, les secondes, les azoïques, subissent une réduction plus complète; la molécule est brisée et il n'est plus alors possible qu'elle redonne, sous l'influence oxydante de l'air, le composé originel.

Nos recherches ont également porté sur quelques hydrazines et les matières colorantes qui en dérivent. Ainsi que la double liaison qui réunit les deux atomes d'azote chez les azoïques, la simple liaison qui joint ici ces mêmes atomes est également détruite par le mécanisme de réduction.

A ce point de vue, nous avons d'abord comparé la phénylhydrazine (chlorhydrate) et son dérivé sulfoné. Si la réduction de la première par le *Bacillus coli* est lente, mais non douteuse et la recherche de l'aniline produite ainsi dans le dédoublement de la phénylhydrazine, positive, la réduction du dérivé sulfoné est beaucoup plus rapide; au taux de 2 pour 1000, elle

(1) J. Raulin, *Observations sur l'action des micro-organismes sur les matières colorantes* (*Comptes rendus*, 20 août 1888).

est complète en 48 heures en milieu aérobie ou anaérobie, avec formation d'acide sulfanilique.

La tartrazine, matière colorante jaune, dans les mêmes conditions est également décomposée pour donner aussi de l'acide sulfanilique.

Si nos recherches ne se sont pas adressées à un plus grand nombre de matières colorantes d'une part, d'espèces microbiennes d'autre part, leur signification n'en semble pas moins avoir une portée générale digne d'être notée.

GÉOLOGIE. — *Les transformations du massif des Cyclades à la fin des temps tertiaires et au commencement de l'époque quaternaire.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

L'histoire du massif égéen s'achève par une suite d'événements, généralement englobés sous le nom d'*effondrement du continent égéen*, et dont je vais brièvement exposer les principaux.

L'étude des dislocations d'une partie des Cyclades nous a conduit, dans une précédente Note, des temps primaires à l'époque éocène (¹). Que s'est-il passé dans la même région après que le continent eût enregistré le contre-coup des plissements pyrénéens? Les annales géologiques, si pauvres pour le domaine considéré, restent muettes pour l'Oligocène, mais à partir du Miocène, elles commencent à nous livrer quelques documents.

La présence du Miocène en Crète (²) démontre la haute antiquité du bassin sud-égéen. Mes observations ont établi que ce bassin, déjà bien esquissé à l'Helvétien et au Tortonien, reste soumis à un régime franchement marin à la fin du Miocène (³).

Nos connaissances sur le Pliocène des Cyclades se bornent aujourd'hui à l'existence des dépôts levantins; aucune formation marine n'y a jamais été signalée. On sait, d'après l'expédition de Morée, que la Méditerranée envahit le sud du Péloponnèse au Pliocène inférieur, mais là s'arrête son mouvement offensif, car d'après M. A. Philippson, le Plaisancien marin fait complètement défaut à l'est de la péninsule. La Crète reste en partie submergée. L'invasion s'accuse au Pliocène supérieur; les traces de la progression de la mer sont notamment très nettes dans les îles de Rhodes, de Chypre et de Cos. A la fin des temps pliocènes, une immense région correspondant à

(¹) L. Cayeux, *Dislocations des îles de Délos, Rhénée et Mykonos* (*Cyclades*) (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1529-1531).

(²) L. Cayeux, *Le Miocène moyen de l'île de Crète* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 637).

(³) L. Cayeux, *Existence du Pontique marin dans l'île de Crète* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 981).

presque toutes les Cyclades était restée à l'abri des incursions marines; suivant l'opinion courante, elle reliait la Grèce à l'Asie Mineure.

A ces données il est possible d'en ajouter d'autres, qui communiquent à l'histoire des Cyclades une nouvelle physionomie. La fosse égéenne méridionale, non affectée par l'émersion pontique, continue à exister au début du Pliocène (Plaisancien marin de l'île de Crète). A cette époque, ou plus tard, mais en tout cas pendant le Pliocène, le mouvement de submersion, inauguré à l'Helvétien, s'accentue et la mer pénètre à l'intérieur des Cyclades. J'en donnerai pour preuve l'existence du *poros* marin dont j'ai découvert de nombreux lambeaux à l'intérieur de l'Archipel (Rhénée, Délos et Mykonos). Dans le Péloponnèse, où le *poros* est très développé, il est représenté par un complexe de sédiments qui se rattachent par leur faune aux formations levantines (¹). Malgré l'indécision qui plane encore sur son âge absolu, le *poros* marin de Délos est manifestement antérieur aux alluvions à *E. antiquus* : il est pliocène, comme celui du Peloponnèse, et peut être sicilien. Il en résulte que le massif égéen était déjà profondément échancré et que la mer pénétrait jusqu'au cœur des Cyclades au Pliocène (²). Si l'on s'en tenait aux apparences, le phénomène qu'on désigne sous le nom d'*effondrement du continent égéen* daterait d'une époque beaucoup plus ancienne qu'on ne l'admet généralement.

La présence de l'*E. antiquus* à Délos (³) tranche un deuxième point de l'histoire de l'Égéide. Elle signifie évidemment que la communication avec le continent était rétablie au début du Quaternaire et que le massif des Cyclades était reconstitué. Une discussion très serrée des faits montre qu'un phénomène de soulèvement, localisé dans la Méditerranée orientale, est le seul mouvement susceptible de donner de cet épisode une explication satisfaisante. Après la pénétration de la mer dans les Cyclades, au Pliocène, à la suite d'effondrements, tout le massif est porté en saillie. L'émersion atteint une grande amplitude, et elle est sujette à de fréquents arrêts, marqués par les niveaux de perforation signalés par M. Negris sur les côtes de l'île de Siphnos (⁴).

(¹) A. PHILIPPSON, *Der Peloponnes*, Berlin, 1892, p. 407 et suiv.

(²) C'est vraisemblablement à cette époque que remonte l'ouverture de la ligne volcanique des Cyclades.

(³) L. CAYEUX, *Découverte de l'*Elephas antiquus *à l'île de Délos* (*Cyclades*) (*Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1089).

(⁴) PH. NEGRIS, *Submersion et régression quaternaires en Grèce* (*B. S. G. Fr.*, 4ᵉ série, t. VIII, 1908, p. 422).

Il règne encore un certain mystère sur l'histoire des Cyclades, pour toute la période comprise entre le soulèvement du massif qui s'achève à l'époque de l'*E. antiquus* et les temps historiques. Une nouvelle submersion est naturellement nécessaire pour démembrer une seconde fois le continent qui vient de reconquérir son individualité. Que cette submersion soit le corollaire de mouvements tectoniques consistant en affaissements ou effondrements, et non la conséquence d'un mouvement positif de la Méditerranée, on ne peut en douter, attendu que l'amplitude des déplacements généraux de la Méditerranée au Pléistocène est absolument insuffisante pour rétablir le régime insulaire.

J'admets, avec M. Philippson (¹), que le horst des Cyclades a été soumis à un affaissement lent, sauf à dire que le mouvement est moins ancien que ne le suppose cet auteur et qu'il est postérieur à l'*E. antiquus*. En outre, il me paraît légitime, en raison des faits observés dans la région délienne, de réserver une place aux effondrements dans la résolution définitive du massif égéen en îles.

En résumé, le morcellement du continent égéen est une œuvre complexe et de très longue haleine, pour laquelle la notion d'âge n'a point de sens précis. Commencé au Pliocène, il s'achève au Pléistocène. Les phénomènes dont il est la résultante trahissent une grande mobilité du sol. L'écorce s'abaisse, se soulève et retombe encore une fois, comme si elle était agitée par un mouvement oscillatoire, discontinu, de grande amplitude, généralisé ou non, suivant les époques. Et ce ne sont là que les dernières convulsions d'une région qui, antérieurement, avait été soumise par deux fois aux actions orogéniques.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur une inversion locale de pente du lit rocheux du Rhône, en aval de Bellegarde (Ain).* Note de M. **Maurice Lugeon**, présentée par M. Michel Lévy.

Il est projeté, à Génissiat, à environ 6^{km} en aval de Bellegarde, à travers le cañon du Rhône, un barrage dominant le niveau actuel du fleuve de 70^{m}. Il sera créé une retenue de 50 millions de mètres cubes d'eau. La chute produira une force énorme pouvant monter à 240 000 kilowatts.

(¹) A. Philippson, *Beiträge zur Kenntnis der griechischen Inselwelt* (*Petermanns Mitteil.*, Erganzungsb. n. 134, Gotha, 1901, p. 151 et 152).

Pour étudier l'assiette du barrage, nous avons, dans ces deux dernières années, exécuté des forages de deux genres. Les uns à la couronne diamantée pour reconnaître la nature des roches encaissantes, les autres aux rails éclissés pour étudier l'épaisseur des alluvions du fleuve et reconnaître la forme du lit rocheux.

Dans le cañon du Rhône, à l'étiage, la largeur du cours d'eau varie de 2^m (Malpertuis) à environ 50^m.

Il a été établi deux lignes de sondages aux rails, aux environs du Rocher Bouquet, sur le tracé du futur barrage.

Indépendamment de l'épaisseur d'alluvion reconnue, épaisseur surprenante, les faits acquis sont intéressants à un autre point de vue : *le lit rocheux du fleuve, sur une distance connue de* 600^m *environ, s'abaisse de l'aval vers l'amont.*

Première ligne de sondages. — Largeur du fleuve, 41^m à l'étiage. Niveau, 262,98. Épaisseur de la tranche d'eau, au maximum, $4^m,40$.

Numéros des sondages.	Distance à la rive droite.	Altitude du sol rocheux.
1	$5^m,40$	246,56
2	10	246,70
3	15	237,54
4	20	237,13
5	25	238,86

Deuxième ligne de sondages. — A 59^m *en amont* de la précédente. Largeur du fleuve, 50^m. Niveau, 262,98. Épaisseur de la tranche d'eau, au maximum, $3^m,50$.

Numéros des sondages.	Distance à la rive droite.	Altitude du sol rocheux.
1	4^m	244,70
2	8	244,88
3	13	231,88
4	18	238,36
5	23	234,68
6	28	245,27
7	40	247,91

Cette deuxième ligne de sondage, plus complète que la première, montre une sorte de lit rocheux majeur à la cote moyenne de 245^m et un lit rocheux mineur, avec une arête au centre, dont la profondeur est au maximum à la cote 231,88 : *soit à* $5^m,25$ *plus bas que sur la ligne aval.*

Cette descente singulière du lit rocheux vers l'amont a été vérifiée sur une troisième ligne de sondage, au droit du ruisseau Gabet, soit à 600^m en

amont de la deuxième ligne de sondages. Le roc descend à la cote 230,22, *soit à* 6^{m},91 *plus bas que sur la ligne aval des sondages.*

Il est à noter que cette descente rocheuse de l'aval vers l'amont se fait dans une région du cañon où les couches montent légèrement vers l'amont.

Les contrepentes sont connues dans les rivières à fond mobile. Elles sont dues au phénomène bien connu du déplacement lent des alluvions. On sait aussi que ce phénomène des contrepentes est réalisé en petit dans le ruissellement ; il a été mis en lumière par M. J. Brunhes, mais il n'est guère signalé, à notre connaissance, dans le lit rocheux, avec une ampleur semblable à celle révélée par nos sondages.

En ce moment où la question de l'érosion glaciaire soulève de nombreux débats, l'observation que nous venons de faire peut apporter quelques lumières. Toute une école admet la possibilité à la glace d'excaver dans le sens inverse de l'écoulement du glacier. Et c'est ce travail d'érosion, qui paraît si nettement contraire à celui effectué par l'eau courante, qui fait rejeter par beaucoup la théorie de l'excavation glaciaire.

Or nos observations montrent que l'eau courante, toutes proportions gardées, peut également éroder selon les lignes ascendantes. Il n'y aurait donc, entre les effets de l'érosion fluviale et ceux dus au glacier, qu'une question de grandeur.

Il est encore à remarquer que le lit du Rhône très peu en amont du ruisseau Gabet est réduit à une dizaine de mètres de largeur. A pente d'écoulement égale, la profondeur du lit rocheux serait donc en quelque sorte fonction de la largeur de ce lit, laquelle dépend de la résistance des roches encaissantes. Les contrepentes fluviales rocheuses seraient à leur tour proportionnelles à l'étranglement de la section de la veine liquide.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les exagérations des théories glaciaires.* Note de M. **E.-A. Martel.**

La réaction de plusieurs géologues (français et anglais surtout) contre les exagérations des théories glaciaires (pouvoir excavateur de la glace, forme des vallées, dépôts dits *glaciaires*, *marmites*, etc.), professées en Allemagne et aux États-Unis, est de plus en plus justifiée par les faits.

Après la catastrophe de Saint-Gervais-les-Bains (12-13 juillet 1892), j'avais assisté, au glacier de Jostedal (Norvège) en 1894, à une pareille rupture et débâcle de poche d'eau intra-glaciaire et énoncé alors que sans

doute « les accidents de ce genre sont très fréquents dans les glaciers, mais ont échappé jusqu'à présent à l'observation directe », et qu'une circulation intra-glaciaire des eaux de fusion s'écoule dans les réseaux des crevasses, absolument comme parmi les diaclases du calcaire, mais aggravées par les conséquences du déplacement des crevasses dû à la progression du glacier, etc. (Voir *La Nature*, n° 1138, 23 mars 1895.) Depuis 1895, ces sortes de constatations sont devenues très nombreuses et M. Ch. Rabot vient d'en confirmer (*La Géographie*, 15 mai 1911) le caractère normal, quoique intermittent.

L'existence de torrents circulant sous les glaciers faisait absolument juste et très féconde l'idée, qu'a eue (dès 1900) M. David Martin, de considérer les cluses des Alpes comme creusées, non par la glace, mais par des *torrents sous-glaciaires* engagés dans une fissure; on en trouve la preuve formelle aux *Klamme* qui suivent les terminus actuels des glaciers de Grindelwald, Gorner, etc.

De son côté, M. J. Vallot est arrivé à se demander si tout ce qui a été dit sur la période glaciaire n'a pas été considérablement exagéré (*Comptes rendus*, 22 juin 1908); dès 1898, d'après ses pénétrations *sous* la mer de glace de Chamonix, il opinait « que la théorie du creusement des vallées par sciage glaciaire n'est pas exacte et que les glaciers se sont bornés à polir, élargir et rectifier les vallées » (*Annales de l'Observatoire du mont Blanc*, t. III, p. 181).

Dans les cavernes, les abîmes et les torrents, mes dernières études ont formellement confirmé la justesse de ces idées. C'est ainsi qu'au premier tunnel de la grotte de Lombrive (Ariège), M. Trutat (*Comptes rendus*, 28 décembre 1885) avait vu les traces du passage d'un bras de glacier de l'Ariège, dans les petites dépressions spatulées en cupules, qu'il prenait pour des *coups de gouge* de la glace en mouvement; or elles ne sont pas autre chose que des *empreintes de corrosion chimique*, comme aux pertes de la Lomme à Rochefort (Belgique).

On n'avait pas fait attention que, dans toutes les glacières naturelles ou puits à neiges, la glace ou le névé souterrain *n'adhère jamais aux parois de la cavité* qui les a recueillis. Toujours ils en sont séparés par un vide de fusion *de plusieurs centimètres de largeur*. Partout j'ai constaté (dans le Jura, les Alpes, les Pyrénées, le Karst, les Tatras, au Caucase, etc.) qu'à l'intérieur de ces glacières, c'est la neige d'hiver qui s'accumule et qu'en été la chaleur propre de la roche la fait fondre, parfois jusqu'à sa disparition complète à la fin de l'automne. On prétendait jadis exactement le contraire.

Il en résulte formellement que, sous terre, ce ne peut pas être la glace qui use la roche, mais que, bien à l'opposé, la roche fait fondre la glace par l'effet naturel de la géothermique. Dans une certaine mesure, il en doit être de même pour la cuvette d'un glacier.

Aux cavernes de l'Ariège encore, j'ai trouvé que les apports granitiques (blocs et sables) de Niaux, Lombrive, Sabart, Bédeillac ont été introduits jadis par des abîmes et des points d'absorption fort anciens (pliocènes sans doute) sous la forme torrentielle uniquement. C'est la preuve absolue de l'origine *fluviale* et nullement glaciaire de ces dépôts; la même origine peut être attribuée à des terrasses extérieures qui correspondent à quatre niveaux successifs de l'Ariège. M. Garrigou était certainement dans le vrai, dès 1867, en disant que ces terrasses d'alluvions quaternaires anciennes et d'alluvions récentes de l'Ariège indiquent un changement successif dans le régime des cours d'eau et un abaissement bien marqué de leur niveau (1).

Certains polis et blocs erratiques d'origine incontestablement glaciaire (à Bédeillac, par exemple) doivent donc rentrer dans l'ordre des phénomènes simplement *épisodiques*.

J'ai déjà remarqué ici même (*Comptes rendus*, 9 décembre 1907) que les lits de rivières torrentielles dans les *cañons* de Provence et du Pays basque sont tellement remplis de marmites de géants, blocs de transport, stries et polissage d'érosion pure et *actuelle*, que leur aspect impose une sérieuse revision des conclusions tirées jusqu'ici des phénomènes soi-disant glaciaires; en bien des cas, on a certainement invoqué comme témoignages d'anciennes glaciations de simples effets d'eaux torrentielles.

Il ne suffit plus de faire appel aux écoulements *interglaciaires* des diverses glaciations supposées : il faut franchement avouer que l'action glaciaire est complètement indirecte dans le creusement des vallées; il faut rendre aux torrents provenant de la fusion des glaciers leur vrai rôle, et reconnaître définitivement que les cassures préexistantes, l'érosion mécanique et la corrosion chimique sont les réels artisans de ce creusement.

La coordination synthétique du genre d'observations ci-dessus rappelées ne tardera pas à prouver que jamais le glacier n'a pu être autre chose qu'un *intermède accidentel*, ajoutant ses effets locaux, passagers et très aisément dérangeables (moraines, blocs erratiques, boues, stries, polissages surtout) à ceux du *torrentialisme* continu et prééminent.

Enfin un grave accident récent vient imposer aussi l'obligation de renoncer

(1) *Bull. Soc. Anthropologie*, t. II, 2e série, février-avril 1867.

à l'inexacte distinction établie entre les vallées à profil en V comme érosives et en U comme glaciaires.

J'ai montré à propos du grand cañon du Verdon (*Comptes rendus*, 5 mars 1906) que *le profil transversal dépend de la nature de la roche* (*de la lithologie*) *et non du mode de creusement*.

Or, pour avoir appliqué la *fausse théorie* de la vallée en U à celle de la Kander, et pour avoir considéré son remplissage comme morainique, on avait estimé à moitié de son importance l'épaisseur des dépôts torrentiels (fluvio-glaciaires si l'on veut) qui l'ont colmatée. Il en est résulté la désastreuse catastrophe du tunnel de Lötschberg, le 24 juillet 1908 : parce que la galerie d'avancement a débouché subitement dans la pointe en V d'un thalweg rempli de matériaux meubles fluents, d'origine torrentielle et très aquifère, alors qu'on croyait avoir encore, sous une vallée glaciaire en U beaucoup moins creusée, plusieurs décamètres de roche compacte, en place!

Il y a un véritable intérêt public à ce qu'un si persuasif accident soit interprété avec justesse.

M. **J. Bretonneau** adresse une *Communication relative aux maladies cryptogamiques de la vigne*.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 12 juin 1911.

Association Géodésique Internationale. *Rapport général sur les nivellements de précision exécutés dans les cinq parties du monde. — Rapport spécial sur les travaux du Nivellement général de la France de* 1906 *à* 1909 *inclus. — Note sur l'élasticité du Globe et sur les marées de l'écorce terrestre*, par Ch. Lallemand,

Membre de l'Institut. (Extr. des *Comptes rendus de l'Association Géodésique Internationale*, Conférence générale de Londres et Cambridge, septembre 1909.) Leyde, E.-J. Brill, 1911; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Étude théorique et pratique sur les turbines à vapeur marines : Fonctionnement thermique, construction, installation, appareils auxiliaires, essais et résultats, par R. Lelong. Paris, Augustin Challamel, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bertin.)

The silva of California, by Willis Linn Jepson. (*Memoirs of the University of California;* vol. II.) Berkeley, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Les Kolatiers et les noix de Kola, par Aug. Chevalier et Em. Perrot. (*Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale française;* fasc. VI.) Paris, A. Challamel, 1911; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. H. Lecomte; t. I, fasc. 6, p. 577-688 : *Tiliacées* (fin). *Linacées*, *Érythroxylacées*, *Oxalidacées et Rutacées*, par A. Guillaumin. — *Malpighiacées*, par P. Dop. — *Balsaminacées*, par J.-D. Hooker. — *Simaroubacées*, par H. Lecomte. Paris, Masson et Cie, 1911; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

Herbier du Muséum de Paris : *Phanérogamie. Notulæ systematicæ*, publiées par Henri Lecomte; t. I. Paris, J. Dumoulin, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

De l'extinction des espèces par la dégénérescence ou maladie des rameaux phylétiques, par M. René Larger. (Extr. du *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et de Paléthnologie de la Haute-Marne;* t. I., 1911.) Chaumont, Andriot-Moissonier; 1 fasc. in-8°. (Présenté par H. Douvillé.)

ERRATA.

(Séance du 6 juin 1911.)

Note de MM. *C. Alliaud* et *F. Vlès*, Électrocution des Poissons et stabilité hydrostatique :

Page 1627, ligne 2 du titre, *au lieu de* C. Alliaud, *lire* Léon Alliaud.

Note de M. *L.-C. Maillard*, Action du soufre colloïdal sur le métabolisme sulfuré. Contribution à l'étude de la sulfoconjugaison :

Page 1585, ligne 22, *au lieu de* il me paraît bien plausible, *lire* il ne paraît plus bien plausible.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUIN 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NAVIGATION. — *Résolution des problèmes de hauteur à la mer par la réduction à l'équateur. Nouvelles Tables de navigation.* Note de M. E. **Guyou**.

Les problèmes de hauteur sont définis, sur la sphère terrestre, par un cercle de hauteur et un point estimé situé sur le cercle ou dans son voisinage, et le lieu géométrique qu'il s'agit de déduire de ces données est une tangente à la courbe qui représente sur la carte le cercle de hauteur, menée par un point de cette courbe situé dans le voisinage du point estimé.

Ces problèmes ont toujours été considérés jusqu'ici comme indépendants les uns des autres et traités comme tels; en réalité, ils peuvent être classés par groupes composés de cas susceptibles de solutions identiques. J'ai montré, en effet, que toute courbe de hauteur, déplacée sur la carte parallèlement à elle-même, continue à représenter un cercle de la sphère dans toutes les positions où elle peut ainsi être amenée. Il en résulte que la figure formée sur la carte par une courbe de hauteur et un point estimé, déplacée de la même manière, continue à représenter sur la sphère des figures définissant des problèmes de hauteur. Ces problèmes, étant définis sur la carte par des figures identiques, admettent évidemment des solutions identiques.

Si l'on désigne par H (hauteur), D (déclinaison), L_e et P_e (latitude et angle horaire au point estimé), les données d'un problème de hauteur, celles des problèmes admettant des solutions identiques sont comprises dans

les formules générales

$$\cot\frac{H+D}{2}\tang\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)=\text{const.},$$

$$\frac{\cot\frac{H-D}{2}}{\tang\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)}=\text{const.},$$

$$P_e=\text{const.}$$

Tout système de valeur de H, D, L_e, P_e, satisfaisant à ces équations, où les constantes sont supposées déterminées d'après les données du problème à résoudre, pourra être substitué à ces dernières dans les calculs et la solution obtenue conviendra au problème proposé.

Or, parmi les problèmes auxquels peut conduire cette substitution de données, il en est plusieurs qui sont particulièrement simples.

Ces problèmes appartiennent à deux catégories, correspondant respectivement aux cas où la figure de la carte est placée de manière que, soit le parallèle du point estimé, soit le parallèle moyen de la courbe de hauteur coïncide avec l'équateur de la carte. La résolution de tous ces problèmes est ramenée à celle d'un triangle rectangle. Toutefois, pour ceux de la deuxième catégorie, c'est-à-dire pour les cas où le parallèle moyen est amené sur l'équateur, les formules de résolution sont variables et n'offrent par suite aucun intérêt pour la pratique.

Les problèmes de la première catégorie au contraire se résolvent par des formules très simples et très générales. En désignant par H', D', L' les données auxiliaires à substituer aux données réelles du problème, on a en effet, par application des formules générales

$$(1)\qquad\left\{\begin{aligned}&\cot\frac{H'+D'}{2}=\cot\frac{H+D}{2}\tang\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right),\\&\cot\frac{H'-D'}{2}=\frac{\cot\frac{H-D}{2}}{\tang\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)},\end{aligned}\right.$$

$$L'_e=0,\qquad P'_e=P_e.$$

Les éléments du tracé de la droite de hauteur peuvent ensuite être calculés par l'un des deux systèmes

$$(2)\qquad\left\{\begin{aligned}&\cos P'=\frac{\sin H'}{\cos D'},\\&\cos Z'=\frac{\sin D'}{\cos H'},\end{aligned}\right.$$

ou

(3)
$$\left\{\begin{array}{l}\sin H'_e = \cos D' \cos P'_e,\\ \operatorname{tang} L'_e = \sin P'_e \cot D',\end{array}\right.$$

avec

$$P'_e = P_e.$$

La solution des formules (2), dont le point déterminatif est situé sur le parallèle estimé ([1]), est inapplicable dans le voisinage du méridien; celle des formules (3) correspond à la solution Marcq de Saint-Hilaire; elle est applicable dans tous les cas et présente sur cette dernière l'avantage d'être affranchie d'erreurs du second ordre qui ne sont pas toujours négligeables dans la pratique.

Au point de vue de la précision, la solution donnée par les formules (1) et (3) est supérieure à toutes celles qui ont été appliquées jusqu'à ce jour, mais la résolution directe de ces formules par les Tables trigonométriques exigerait des calculs plus longs que les formules usuelles, et le bénéfice de précision ne suffirait pas à compenser cet inconvénient.

Mais si l'on se place au point de vue de la réalisation d'une solution tabulaire, la question change complètement d'aspect. Les formules (1) et (3) sont immédiatement réductibles en Tables simples à deux arguments. Une première Table donne les valeurs de H′ et D′ à substituer à H et D pour une latitude donnée L; cette première opération constitue la *réduction du problème à l'équateur*.

Une deuxième Table donne les valeurs de H'_c et Z'_c en fonction de D′ et P′. On en déduit la distance $H' - H'_c$ du point estimé à la droite de hauteur.

([1]) Les formules (2) peuvent encore s'écrire ainsi

(2)
$$\left\{\begin{array}{l}\cot^2\dfrac{P}{2} = \operatorname{tang}\left(45^\circ + \dfrac{H'-D'}{2}\right)\operatorname{tang}\left(45^\circ + \dfrac{H'+D'}{2}\right),\\[2ex] \cot^2\dfrac{Z}{2} = \dfrac{\operatorname{tang}\left(45^\circ + \dfrac{H'+D'}{2}\right)}{\operatorname{tang}\left(45^\circ + \dfrac{H'-D'}{2}\right)}.\end{array}\right.$$

Les formules (1) ainsi que ces dernières peuvent être traitées avec les petites Tables dites de *latitudes croissantes*, calculées pour dresser la Carte marine. J'ai indiqué cette solution en 1884 (*Tables de poche*), puis en 1896 (*Les Problèmes de Navigation et la Carte marine*) avec une autre solution du même genre. La solution tabulaire nouvelle des formules (1) et (3) est en quelque sorte le résultat de la mise au point définitive de mes travaux sur les courbes de hauteur.

C'est sur ces principes qu'ont été construites les nouvelles *Tables de Navigation* que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. La précision de ces Tables est d'environ o',1; elle est donc plutôt excessive pour les besoins de la pratique; les entrées tabulaires sont réduites à deux, une dans chaque Table; enfin, les opérations arithmétiques et les règles à suivre sont très simples. Il est donc permis d'espérer que les marins trouveront dans ce nouveau recueil des commodités nouvelles et non sans importance pour déterminer la position du navire en mer.

OPTIQUE. — *Calcul de l'absorption dans les cristaux translucides, pour les systèmes d'ondes planes latéralement indéfinies.* Note de M. J. **Boussinesq.**

I. L'éther des corps homogènes hétérotropes transparents a, comme on sait, les équations de ses petits mouvements, dans un système quelconque de coordonnées rectangulaires x, y, z, de la forme

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} a\xi'' + f\eta'' + e\zeta'' &= \Delta_2\xi - \frac{d\theta}{dx},\\ f\xi'' + b\eta'' + d\zeta'' &= \Delta_2\eta - \frac{d\theta}{dy},\\ e\xi'' + d\eta'' + c\zeta'' &= \Delta_2\zeta - \frac{d\theta}{dz},\end{aligned}\right.$$

où ξ, η, ζ désignent les trois composantes de son déplacement élastique, ξ'', η'', ζ'' les trois accélérations correspondantes, dérivées secondes de ξ, η, ζ par rapport au temps t, et a, b, c, d, e, f six coefficients spécifiques, dont les trois premiers sont *essentiellement* positifs, à l'exclusion des autres d, e, f, qui s'annuleraient même pour un certain système d'axes.

Mais quand le corps est seulement *translucide*, ou *presque* transparent, de petites résistances proportionnelles aux vitesses ξ', η', ζ' et dues surtout à certaines de ses molécules, résistances ayant pour composantes suivant les x, y, z les dérivées respectives en ξ', η', ζ' d'un même sextinome homogène du second degré par rapport à ces trois vitesses, s'adjoignent aux seconds membres. Elles admettent d'ailleurs un système principal d'axes de symétrie (généralement distinct de celui pour lequel d, e, f s'annulent), tel que le sextinome s'y réduit aux trois termes respectifs en ξ'^2, η'^2, ζ'^2, où figurent trois petits coefficients négatifs $-a'$, $-b'$, $-c'$. Adoptons précisément ce système d'axes; et, en transposant dans les premiers membres les nouveaux termes dont il s'agit, nous aurons les équations de

mouvement à considérer ici :

$$(2)\qquad \begin{cases} a\xi'' + 2a'\xi' + f\eta'' + e\zeta'' = \Delta_2\xi - \dfrac{d\theta}{dx}, \\ f\xi'' + b\eta'' + 2b'\eta' + d\zeta'' = \Delta_2\eta - \dfrac{d\theta}{dy}, \\ e\xi'' + d\eta'' + c\zeta'' + 2c'\zeta' = \Delta_2\zeta - \dfrac{d\theta}{dz}. \end{cases}$$

II. Il est clair que, dans toutes les solutions symboliques où le temps t ne figurera que par un facteur de la forme $e^{kt\sqrt{-1}}$, avec k constant, et, par suite, dans les mouvements pendulaires *effectifs* qu'exprimera la superposition de telles intégrales (*conjuguées*), les dérivées premières ξ', η', ζ' seront les quotients de ξ'', η'', ζ'' par $k\sqrt{-1}$, ou leurs produits par $-\frac{\sqrt{-1}}{k}$; en sorte que les nouveaux termes se réduiront avec trois des anciens et ramèneront le type (2) au type (1), mais dans lequel a, b, c se trouveront remplacés par les nouveaux coefficients, à petites parties imaginaires,

$$(3)\qquad A = a - 2\frac{a'}{k}\sqrt{-1},\qquad B = b - 2\frac{b'}{k}\sqrt{-1},\qquad C = c - 2\frac{c'}{k}\sqrt{-1}.$$

On pourra donc appliquer au type (2), du moins pour les solutions symboliques considérées, le mode d'intégration par ondes planes latéralement indéfinies, bien connu, que comporte le type (1).

III. Ce mode consiste, en appelant α, β, γ les cosinus directeurs de la normale aux ondes, ω leur vitesse de propagation, l, m, n (pour abréger) les trois paramètres $\frac{(\alpha,\beta,\gamma)}{\omega}$, l', m', n' les cosinus directeurs constants de la vibration, enfin, I un coefficient d'amplitude, supposé d'abord constant aussi, à poser, par exemple,

$$(4)\qquad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n')\,\mathrm{I}\,e^{k(t-lx-my-nz)\sqrt{-1}}.$$

Substituées dans (1), ces expressions de ξ, η, ζ donnent après suppression des facteurs communs, en transposant d'ailleurs aux premiers membres tous les termes des seconds,

$$(5)\qquad \varphi l' + \chi m' + \psi n' = 0,\qquad \varphi_1 l' + \chi_1 m' + \psi_1 n' = 0,\qquad \varphi_2 l' + \chi_2 m' + \psi_2 n' = 0,$$

où φ, χ, ψ, φ_1, χ_1, ψ_1, φ_2, χ_2, ψ_2 représentent les polynomes du second

degré en l, m, n,

$$(6)\quad \begin{cases} \varphi = -(l^2+m^2+n^2)+l^2+\mathrm{a}, & \chi = lm+\mathrm{f}, \quad \psi = nl+\mathrm{e}, \\ \varphi_1 = lm+\mathrm{f}, & \chi_1 = -(l^2+m^2+n^2)+m^2+\mathrm{b}, \quad \psi_1 = mn+\mathrm{d}, \\ \varphi_2 = nl+\mathrm{e}, & \chi_2 = mn+\mathrm{d}, \quad \psi_2 = -(l^2+m^2+n^2)+n^2+\mathrm{c}. \end{cases}$$

La compatibilité des équations (5) exige l'annulation du déterminant des neuf éléments φ, χ, ψ, φ_1, χ_1, ψ_1, φ_2, χ_2, ψ_2, fonction *paire* du sixième degré en l, m, n, que nous appellerons $F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n)$. On a donc, pour déterminer la vitesse ω des ondes, l'équation

$$(7)\qquad F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n) = 0;$$

après quoi deux quelconques des relations (5) font connaître les cosinus directeurs l', m', n' de la vibration par leurs rapports mutuels.

IV. Ici où les imaginaires A, B, C remplaceront a, b, c, il sera nécessaire de substituer aux paramètres réels l, m, n, l', m', n', des paramètres imaginaires L, M, N, L', M', N', ou de donner à la solution (4) la forme

$$(8)\qquad (\xi, \eta, \zeta) = (L', M', N')\, I e^{k(t - Lx - My - Nz)\sqrt{-1}}.$$

Nous appellerons toujours l, m, n les parties réelles de L, M, N, produits d'un facteur positif $\frac{1}{\omega}$ par trois cosinus directeurs α, β, γ, qu'on verra être encore ceux de la normale aux ondes; et, de même, nous prendrons comme parties imaginaires de L, M, N, au facteur près $\sqrt{-1}$, les produits d'un petit coefficient négatif $-h$ (de l'ordre de a', b', c') par trois cosinus directeurs λ, μ, ν, qu'on reconnaîtra être ceux de la normale à la face d'entrée du corps translucide, menée vers l'intérieur. Nous aurons, par conséquent,

$$(9)\qquad (L, M, N) = (l, m, n) - h(\lambda, \mu, \nu)\sqrt{-1} = \frac{(\alpha, \beta, \gamma)}{\omega} - h(\lambda, \mu, \nu)\sqrt{-1}.$$

Les relations (5) et (6) contiendront ainsi L', M', N', au lieu de l', m', n', et A, B, C, L, M, N, au lieu de a, b, c, l, m, n; en sorte que la condition de compatibilité (7) deviendra $F(A, B, C, L, M, N) = 0$, ou bien, vu (3), (9), et eu égard à l'extrême petitesse de a', b', c', h,

$$F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n) - \frac{2}{k}\left(\frac{dF}{d\mathrm{a}}\mathrm{a}' + \frac{dF}{d\mathrm{b}}\mathrm{b}' + \frac{dF}{d\mathrm{c}}\mathrm{c}'\right)\sqrt{-1}$$
$$- h\left(\frac{dF}{dl}\lambda + \frac{dF}{dm}\mu + \frac{dF}{dn}\nu\right)\sqrt{-1} = 0.$$

Le dédoublement, dans celle-ci, du réel et de l'imaginaire, donnera

d'abord l'équation (7) ou, par suite, la même valeur de ω que pour le milieu transparent chez lequel a', b', c' seraient nuls, et, de plus, l'équation en h :

$$(10) \qquad h\left(\frac{dF}{dl}\lambda + \frac{dF}{dm}\mu + \frac{dF}{dn}\nu\right) = -\frac{1}{k}\left(2\frac{dF}{da}a' + 2\frac{dF}{db}b' + 2\frac{dF}{dc}c'\right).$$

V. La substitution, dans (10), aux dérivées partielles de F, d'expressions proportionnelles connues, sera évidemment possible, si l'on sait former, à un facteur commun près, l'équation aux différentielles totales $dF(a, b, c, l, m, n) = 0$. Or, on l'obtiendra par la différentiation complète des équations (5),

$$(11) \quad \varphi\, dl' + \chi\, dm' + \psi\, dn' + l'\, d\varphi + m'\, d\chi + n'\, d\psi = 0, \quad \varphi_1\, dl' + \ldots = 0, \quad \varphi_2\, dl' + \ldots = 0,$$

pourvu qu'on puisse éliminer entre celles-ci les différentielles dl', dm', dn', étrangères à $dF = 0$. Et c'est ce qu'on fera, vu la *symétrie* du déterminant F, si l'on ajoute les équations (11), préalablement multipliées par l', m', n'. Il viendra ainsi, à raison des expressions (6) de φ, χ, ψ, φ_1, …, où d, e, f sont constants,

$$(12) \quad \begin{aligned} &l'^2\, da + m'^2\, db + n'^2\, dc - (l'^2 + m'^2 + n'^2)\, d(l^2 + m^2 + n^2) \\ &\quad + l'^2\, d.l^2 + m'^2\, d.m^2 + n'^2\, d.n^2 + 2m'n'\, d.mn + 2n'l'\, d.nl + 2l'm'\, d.lm = 0. \end{aligned}$$

Séparons nettement, dans celle-ci, les coefficients totaux de $d(l, m, n)$, $d(a, b, c)$, qui devront être substitués, dans (10), aux dérivées respectives de F en l, m, n et en a, b, c. Si nous posons, pour abréger,

$$(13) \qquad l^2 + m^2 + n^2 = s, \qquad l'^2 + m'^2 + n'^2 = s', \qquad ll' + mm' + nn' = \sigma,$$

ces coefficients, divisés par -2, seront, les trois premiers,

$$s'(l, m, n) - \sigma(l', m', n')$$

et, les trois derniers, $-\frac{1}{2}(l'^2, m'^2, n'^2)$. On simplifiera les trois premiers, en introduisant les coordonnées x, y, z du *rayon lumineux* r, émané de l'origine, qui aboutit au point de contact de l'onde $lx + my + nz = 1$ avec son enveloppe obtenue en faisant varier l, m, n. Ces coordonnées, proportionnelles aux trois dérivées de F en l, m, n, et le rayon r, vérifient la quintuple proportion, où le quatrième rapport est essentiellement positif,

$$\frac{x}{s'l - \sigma l'} = \frac{y}{s'm - \sigma m'} = \frac{z}{s'n - \sigma n'} = \frac{1}{ss' - \sigma^2} = \frac{r}{\sqrt{s'(ss' - \sigma^2)}} = \frac{r^2}{s'},$$

qui donnent pour $s'(l, m, n) - \sigma(l', m', n')$ les trois quotients de $s'(x, y, z)$ par r^2. Or, la substitution de ces valeurs dans le premier membre de (10) introduit le cosinus de l'angle *aigu* V que fait la normale (λ, μ, ν) à la face d'entrée avec le rayon lumineux correspondant aux ondes dans le corps censé transparent; et l'équation (10) donne enfin

$$(14) \qquad h = r\frac{a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2}{ks' \cos V} = r\frac{a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2}{k \cos V}.$$

VI. Maintenant que ω, h et, par suite, L, M, N sont connus, il reste à déterminer, dans la solution symbolique (8), L′, M′, N′, proportionnellement à trois déterminants mineurs de deux des équations (5), prises avec L′, M′, N′ au lieu de l', m', n' et avec A, B, C, L, M, N au lieu de a, b, c, l, m, n. Ces déterminants mineurs, où l'on négligera les carrés et produits de a′, b′, c′, h, s'obtiendront sans difficulté et auront mêmes parties réelles que dans l'hypothèse de transparence. Nous choisirons pour L′, M′, N′ les quotients des déterminants par la racine carrée de la somme des carrés de ces parties réelles, afin que les parties réelles de L′, M′, N′ soient encore les trois cosinus directeurs l', m', n' de la vibration chez le corps censé transparent. Quant aux parties imaginaires, très petites, nous les écrirons $l' l'' \sqrt{-1}$, $m' m'' \sqrt{-1}$, $n' n'' \sqrt{-1}$, avec l'', m'', n'' de l'ordre de a′, b′, c′. Il viendra donc

$$(15) \qquad L' = l'(1 + l''\sqrt{-1}) = l' e^{l''\sqrt{-1}}, \qquad M' = m' e^{m''\sqrt{-1}}, \qquad N' = n' e^{n''\sqrt{-1}}.$$

Enfin, nous prendrons comme constante imaginaire I d'amplitude la moitié d'une constante $e^{i+j\sqrt{-1}}$, dont e^i sera le module et j l'argument.

Alors la solution symbolique (8), devenue complètement explicite, sera

$$(16) \qquad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n')\frac{e^i}{2} e^{-kh(\lambda x + \mu y + \nu z)} e^{[k(t - lx - my - nz) + j + (l'', m'', n'')]\sqrt{-1}};$$

et, par son addition à sa conjuguée où $\sqrt{-1}$ aura signe contraire, elle donnera la solution réelle cherchée :

$$(17) \quad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n') e^i e^{-kh(\lambda x + \mu y + \nu z)} \cos[k(t - lx - my - nz) + j + (l'', m'', n'')].$$

Les inégalités de phase entre ξ, η, ζ, dues aux très petits arguments l'', m'', n'', échapperont à l'observation : ce qui permet de supposer la vibration rectiligne. Et le corps ne se distinguera d'un cristal transparent que par l'exponentielle décroissante en $\lambda x + \mu y + \nu z$. Si l'on appelle u la distance

du point intérieur (x, y, z) à la face d'entrée, en mesurant cette distance *parallèlement au rayon lumineux* (dont r est la vitesse et V l'angle avec la normale), le trinome $\lambda x + \mu y + \nu z$ deviendra $u \cos V$; et l'amplitude du mouvement vibratoire sera proportionnelle à $e^{-(kh \cos V)u}$, ou bien à e^{-fu}, si l'on pose, vu (14),

$$f = r(a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2). \tag{18}$$

On voit que f sera, *pour l'amplitude des mouvements*, ce que les physiciens appellent le *coefficient d'absorption* ou *d'extinction* du milieu translucide.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une grande machine électrostatique.* Note de MM. **P. Villard** et **H. Abraham.**

La subvention que l'Institut a bien voulu nous accorder en 1910 sur le fonds Debrousse pour poursuivre nos études sur les hauts voltages a été employée à la construction d'une grande machine Wimshurst à vingt plateaux.

Cette machine a été réalisée avec une très grande perfection par M. Roycourt. Les plateaux d'ébonite sans secteurs, individuellement démontables, ont $0^m,72$ de diamètre; ils sont renforcés dans toute leur partie centrale et restent ainsi parfaitement plans pendant la marche, malgré les attractions électrostatiques considérables auxquelles ils sont alors soumis. Les conducteurs diamétraux sont isolés du bâti, afin qu'on puisse mettre l'un des pôles de la machine au sol sans trop réduire la différence de potentiel disponible. En outre, l'isolement des diamétraux l'un de l'autre a pour effet de rendre le fonctionnement plus symétrique et augmente sensiblement le débit.

L'ensemble des paliers qui supportent les axes au nombre de 11, ainsi que les organes de transmission et de réglage mécanique, sont montés sur un solide bâti métallique venu de fonte. Toute la construction est suffisamment robuste et précise pour qu'on puisse réaliser en régime normal des vitesses de rotation de 1200 à 1400 tours à la minute, ce qui correspond à des vitesses périphériques de près de 50^m par seconde. Une vitesse de 800 à 1000 tours suffit généralement, d'ailleurs, pour obtenir le voltage maximum à faible débit. Ce voltage maximum est limité vers 320000 volts par les étincelles qui éclatent entre les collecteurs et le bâti ou les conducteurs diamétraux : le voltage normal est d'environ 250000 volts. Le Tableau sui-

vant résume les caractéristiques principales de cet appareil :

Débit à 250 000 volts		1 milliamp
Débit maximum à bas voltage		3 milliamp
Longueurs maxima d'étincelles entre	boules de 30cm de diamètre	14cm
	boules de 10cm de diamètre	40cm
	boules de 6cm à 7cm de diamètre	55cm
	boule positive de 10cm de diamètre et plateau négatif de 50cm de diamètre	60cm

Les hauts voltages et la puissance élevée disponibles sur cette machine nous ont déjà permis de mettre en évidence certains phénomènes, sur lesquels nous aurons à revenir, et que les machines ordinaires sont incapables de produire. Nous avons pu, d'autre part, étendre avec facilité jusqu'à 300000 volts les mesures de potentiels explosifs que nous avions entreprises précédemment et dont nous rendrons compte dans une prochaine Communication.

CHIMIE AGRICOLE. — *Considérations sur l'utilisation agricole des eaux d'égout.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Les eaux résiduaires des agglomérations urbaines et des centres industriels se sont pendant longtemps écoulées librement suivant les pentes naturelles et, par suite, mêlées aux eaux des rivières. Le souci de l'hygiène, qui est de date récente, a appelé l'attention sur les inconvénients que présentait la pollution des cours d'eau pour les populations situées en aval, et de grands efforts ont été faits pour y remédier.

En déversant ces liquides souillés sur la terre, on les épure par une oxydation produite sous l'influence de micro-organismes, en même temps qu'on opère un arrosage et une fumure qui augmentent les récoltes.

Si, à proximité des lieux de production de ces masses d'eaux résiduaires, on trouvait des terrains assez étendus pour les recevoir dans des conditions déterminées, le problème de l'épuration serait résolu et nul besoin ne serait d'en chercher une autre solution. En même temps, le bienfait de l'arrosage et de l'apport d'éléments fertilisants se manifesterait par une exaltation de la production agricole. Mais il est exceptionnel de trouver au voisinage des grands centres, des étendues de terrains suffisantes pour recevoir les volumes énormes de ces liquides.

Aussi, dans ces dernières années, l'effort s'est-il surtout porté sur des modes d'épuration intensive, tels que l'emploi des lits bactériens qui, sur des surfaces restreintes, permettent un grand débit. C'est sûrement là une voie féconde; mais il semble qu'elle ait trop fait perdre de vue l'avantage qu'on peut tirer de l'épandage sur les terres agricoles, qui conduit à l'épuration parfaite, en même temps qu'à l'utilisation économique.

Dans ce travail, nous envisageons exclusivement le côté agricole de la question, sans nous préoccuper du côté hygiénique, qui serait résolu *ipso facto*.

De nombreuses observations ont montré quels sont les éléments fertilisants charriés par l'eau d'égout et quelle influence ils ont sur la fertilisation des terres.

Nous avons repris ces études en envisageant non seulement l'apport des principes fertilisants, mais aussi l'apport simultané de l'eau. On sait quelle influence exercent les irrigations sur les rendements des récoltes, doublant, triplant celles-ci. Aussi ne recule-t-on pas devant de gros sacrifices pour amener aux terres l'eau des rivières. Souvent on les conduit à de grandes distances des points de prise, avec des têtes mortes très longues; souvent aussi on les élève mécaniquement pour les amener à pied d'œuvre. Ce sont de grands frais que supportent et que peuvent supporter les arrosages avec des eaux qui ne contiennent pas d'éléments pouvant servir d'engrais, qui n'agissent que par l'humectation du sol. On peut dire sans hésitation que les frais que peuvent supporter les eaux naturelles, *a fortiori* les eaux d'égout les pourraient-elles supporter, chargées qu'elles sont de substances fertilisantes. Il serait donc logique et économiquement pratique de faire pour les eaux d'égout ce qu'on a pu faire pour les eaux d'arrosage, c'est-à-dire de les conduire au loin, jusqu'à des surfaces de terre suffisantes pour les utiliser, tout en les épurant. On ne serait plus ainsi condamné à les répandre sur des terrains trop restreints. Si l'on dispose de surfaces considérables, on peut distribuer l'eau d'égout avec parcimonie, de manière à étendre le plus possible le bienfait de son action fertilisante.

Dans ces conditions, l'épuration serait parfaite et le plan d'eau ne s'élèverait pas au point d'incommoder le voisinage. L'eau d'égout serait alors une matière utilisable, pouvant amener la richesse sur de vastes territoires.

Une moyenne de 8 mois d'observations continues sur l'eau d'égout de Paris, prise dans le collecteur de la rive gauche, nous a donné par mètre cube :

	g
Azote ammoniacal	21,61
Azote organique en solution	7,66
Azote organique en suspension	25,85
Azote nitrique	0,73
Azote total	58,85
Acide phosphorique	12,00
Potasse	45,95
Chaux	377,00
Magnésie	104,40

Si, pour fixer les idées, nous attribuons à ces éléments les prix moyens qu'ils ont dans les engrais usuels, nous trouvons que cette eau d'égout contient par mètre cube des matières fertilisantes valant $0^{fr},105$.

L'eau d'arrosage amenée aux terres est payée généralement par l'agriculteur $0^{fr},0025$ par mètre cube. Dans cet ordre d'idées, l'eau d'égout aurait donc une valeur 40 fois plus grande que l'eau des canaux d'arrosage, ce qui nous permet d'affirmer que les sacrifices faits pour conduire au loin, par des canaux et des machines élévatoires, de simples eaux d'arrosage, peuvent être facilement supportés par l'eau d'égout, dont la valeur fertilisante est si considérablement plus grande.

Il n'est donc pas téméraire d'envisager la possibilité économique de l'évacuation à grande distance des eaux résiduaires.

Comment agissent les eaux d'égout sur les cultures et sur les terres? Pendant la période culturale, la plante puise dans l'eau d'égout qui imprègne la terre les éléments fertilisants dont elle a besoin. Mais pendant la période hivernale, la végétation est arrêtée. Les matériaux de l'eau d'égout sont-ils alors acquis à la terre, qui s'enrichit d'autant, ou sont-ils éliminés dans les eaux de drainage? Les recherches que nous avons poursuivies pendant 7 mois sur des terres arrosées par l'eau d'égout dans les conditions habituellement pratiquées aux champs d'épandage d'Achères et de Gennevilliers, avec 40000^{m^3} par hectare et par an, nous ont donné les résultats suivants calculés à l'hectare et par an :

	Apporté par l'eau d'égout.	Emporté par les eaux de drainage.	Restant acquis à la terre.
	kg	kg	kg
Azote	2336,2	1762,4	201,8
Acide phosphorique	496,2	5,2	491,0
Potasse	1924,0	336,6	1587,4
Chaux	15780,9	8479,4	7301,5
Magnésie	4371,8	294,5	4077,3

L'azote est en majeure partie enlevé. La nitrification rapide en est la cause. Celui qui reste appartient aux débris organiques peu nitrifiables, retenus par les couches supérieures du sol. Dans nos expériences, dont la durée a été de 7 mois, les couches supérieures, contenant au début 1,239 d'azote pour 1000, contenaient à la fin 1,880.

L'acide phosphorique est retenu presque intégralement, également dans les couches supérieures qui en contenaient :

	Pour 1000. de terre.
Au début	0,93
A la fin	1,29

La plus grande partie de la potasse reste aussi acquise à la terre, en vertu d'un pouvoir absorbant bien connu. La chaux et la magnésie se fixent en proportion importante, ce qui infirme l'opinion courante que les arrosages à l'eau d'égout appauvrissent le sol en calcaire. Le contraire s'est produit dans nos essais.

Dans d'autres séries de recherches, nous avons déterminé les quantités d'eau qui conviennent, pour l'arrosage proprement dit, aux divers sols et aux diverses cultures. Elles sont en général comprises entre 3000 et 12000^{m^3} par hectare et par an. Déterminons ici les quantités nécessaires comme fumure à donner aux récoltes. Les diverses cultures ont des besoins différents. Dans le cas d'une prairie naturelle, produisant 12000^{kg} de foin à l'hectare, il y a une absorption de 156^{kg} d'azote, 42^{kg} d'acide phosphorique, 192^{kg} de potasse. Pour faire cet apport d'azote, il faudrait 3000^{m^3} d'eau d'égout; d'acide phosphorique, 3400^{m^3}; de potasse, 4200^{m^3}. En donnant à une pareille prairie 4000^{m^3} à 5000^{m^3} d'eau d'égout, répartis en 8 à 10 arrosages dans la période culturale, on satisferait aux besoins de la végétation, tant sous le rapport de la quantité d'eau, que sous celui de la quantité d'éléments fertilisants. Nous sommes loin ici des 40000^{m^3} qu'on déverse sur les terres, lorsqu'on ne dispose que de surfaces limitées de terrains. Dans ce dernier cas, il y a un gaspillage énorme de principes nutritifs. Si ces surfaces étaient illimitées, on pourrait appliquer ces arrosages à des étendues décuples, et augmenter d'autant la productivité.

La culture fourragère est celle qui se prête le mieux à l'utilisation des eaux d'égout; mais beaucoup d'autres cultures peuvent en profiter. Un blé donnant 3000^{kg} de grain et 6000^{kg} de paille, fixe par hectare 92^{kg} d'azote, 42^{kg} d'acide phosphorique, 46^{kg} de potasse. 1600^{mc^3} d'eau d'égout suffiraient pour apporter l'azote; il en faudrait 3300^{mc^3} pour l'acide phosphorique;

1000^{mc^3} seulement pour la potasse. Dans un pareil cas, le blé ne supportant pas des arrosages copieux ou répétés, il conviendrait de ne donner que 1500^{mc^3}, quitte à compléter la fumure phosphatée par du superphosphate.

Des calculs analogues peuvent être établis pour toutes les cultures. Nous n'envisagerons plus que le cas d'un assolement triennal usuel, comportant pommes de terre, blé, avoine, auquel on donne ordinairement, tant en tête d'assolement que la deuxième et la troisième années, sous forme de fumier de ferme, de nitrate de soude et de superphosphate, 229^{kg} d'azote, 250^{kg} d'acide phosphorique, 320^{kg} de potasse.

Pour donner ces matières fertilisantes par l'eau d'égout, il faudrait de celle-ci : 4100^{mc^3} pour l'azote, 20000^{mc^3} pour l'acide phosphorique, 7000^{mc^3} pour la potasse.

De ces chiffres on peut conclure que l'eau d'égout n'est pas un engrais bien équilibré et que, pour l'utiliser au maximum, il faut surtout y ajouter des engrais phosphatés.

Quoi qu'il en soit, on voit que si les eaux des égouts de Paris étaient transportées jusqu'à des territoires agricoles de grandes surfaces, elles pourraient servir à fertiliser des étendues 10 à 15 fois supérieures à celles sur lesquelles on les déverse actuellement.

Si, avec juste raison, le point de vue de l'épuration, si important pour l'hygiène publique, doit être prédominant, celui de la fertilisation des terres n'en mérite pas moins d'être envisagé, aucun antagonisme n'existant entre eux et grande étant la plus-value qu'acquerraient les territoires auxquels serait fait ce double apport d'eau et de substances nutritives.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos d'une Communication récente de M. L. Cailletet.* Note de M. **L. Maquenne.**

Dans la séance du 8 mai dernier, notre savant confrère, M. Cailletet, a insisté, avec juste raison, sur ce fait que beaucoup de végétaux puisent le carbone qui leur est nécessaire à la fois dans le sol, sous forme de combinaisons organiques complexes, et dans l'air, où ils le trouvent à l'état d'anhydride carbonique. C'est ce dernier mode d'assimilation du carbone qui constitue la fonction chlorophyllienne, et l'on s'accorde généralement à admettre que, spéciale aux plantes vertes, cette fonction représente pour elles l'origine principale de leurs principes organiques.

M. Cailletet pense qu'il n'en est pas toujours ainsi et il cite en particulier le cas de l'*Aspidistra* qui, d'après ses expériences et celles de M. Mazé, serait incapable, au moins dans certaines conditions, de décomposer l'acide carbonique de l'air.

Sans doute il existe pour chaque espèce végétale une limite d'éclairement pour laquelle l'assimilation chlorophyllienne est exactement compensée par le phénomène respiratoire qui agit en sens inverse, mais cette limite peut, dans le cas des plantes dites *ombrophiles*, dont la respiration est peu active, descendre assez bas pour assurer leur alimentation par voie uniquement gazeuse.

En ce qui concerne l'*Aspidistra*, qui appartient précisément à ce groupe, j'ai pu le voir au cours de la semaine dernière, par temps sombre et pluvieux, décomposer régulièrement $0^{cm^3},03$ de gaz carbonique par heure et par centimètre carré de surface, ce qui est un chiffre tout à fait normal et même supérieur à celui qu'auraient donné, dans les mêmes conditions défavorables, nombre de plantes herbacées à croissance rapide, de nature ombrophobe. En d'autres termes, l'activité chlorophyllienne de l'*Aspidistra* ne le cède en rien à celle des autres espèces, ce que l'on pouvait prévoir.

Il n'y a évidemment là qu'une contradiction apparente, tenant à ce que la quantité de lumière en jeu dans les expériences de M. Cailletet était sans doute moindre que dans les miennes; j'ai cru néanmoins utile de la signaler pour éviter toute équivoque et faire ressortir l'intérêt considérable qu'il y aurait dans ce genre de travaux, à mesurer, par voie photographique ou autre, l'éclairement moyen du milieu dans lequel se trouvent les sujets en expérience, de même qu'on mesure les températures dans l'étude systématique de la respiration. Il y a là toute une série de recherches à faire qui seraient de la plus haute importance pour la physiologie végétale parce qu'elles permettraient de comparer entre elles les puissances d'assimilation des différentes espèces, héliophiles ou héliophobes, de mettre ces puissances en regard, pour chaque température, des énergies respiratoires correspondantes et enfin de déterminer les limites encore inconnues à partir desquelles la fonction chlorophyllienne cesse d'être efficace.

ZOOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les mutations évolutives.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Dans un travail antérieur ([1]) j'ai désigné sous le nom de *mutations évolutives* des transformations brusques analogues à celles signalées par M. de Vries dans le règne végétal, mais qui « *suivent les règles de l'évolution naturelle du groupe et conduisent à la formation de types génériques très distincts, au lieu de se limiter à l'établissement de ces subdivisions de l'espèce linnéenne qu'on appelle des petites espèces* ». C'est dans les Crevettes de la famille des Atyidés que j'ai découvert, en 1904, les mutations de cette sorte : chez la *Caridina apiocheles* Bouv. qui saute brusquement au stade *Ortmannia*, et chez deux espèces d'*Ortmannia* qui, l'une et l'autre, passent de même au genre *Atya.* Je rappelle à ce propos que les genres *Caridina*, *Ortmannia* et *Atya* constituent un rameau terminal en série linéaire dans la famille des Atyidés. Au stade inférieur se placent les *Caridina*, les *Ortmannia* viennent ensuite, et enfin les *Atya*. Un examen, même superficiel, permet de caractériser les trois genres comme il suit :

Caridina : pinces du type astacien, c'est-à-dire avec une portion palmaire bien développée et des doigts bien plus courts que les pinces, le bouquet de poils terminal médiocrement long; les pinces de la paire antérieure portées sur un carpe distalement excavé; celles de la deuxième paire plus grêles, avec un carpe sans excavation. Petite taille.

Ortmannia : pinces analogues aux précédentes, mais presque toujours un peu plus longuement fendues; celles de la deuxième paire, peu différentes des premières et portées, comme elles, sur un carpe excavé. Chez les espèces mutantes, la taille est sensiblement plus grande que celles des *Caridina.*

Atya : pinces des deux paires semblables, fendues jusqu'à la base, munies d'un très long bouquet de poils et portées sur un carpe court profondément excavé. Taille moyenne ou grande, parfois très grande.

Ainsi l'évolution se manifeste, dans ces trois genres, par une augmentation progressive de la taille et une similitude de plus en plus grande dans les pattes des deux paires antérieures, qui finissent par acquérir la disposition singulière propre aux *Atya.*

Ces dispositions étaient depuis longtemps bien connues mais il en est

---

([1]) E.-L. Bouvier, *Observations nouvelles sur les Crevettes de la famille des Atyidés* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXXIX, 1905, p. 129).

d'autres, certainement plus importantes, qui avaient échappé aux observateurs. Je crois utile de mettre ces dernières en évidence, car elles sont de nature à montrer combien est grand, au point de vue mécanique, le hiatus qui sépare les individus dans une même forme mutante.

Limitons-nous dans cette Note aux *Ortmannia*. Les espèces de ce genre que j'ai reconnues mutantes sont l'*Ortmannia Alluaudi* Bouvier, très répandue dans les îles indo-pacifiques, et l'*O. Henshawi* Rathbun qui semble localisée aux îles Sandwich où elle est d'ailleurs très commune.

1° *O. Alluaudi*. — Dans la *forme Ortmannia* de cette espèce, les pinces des deux paires sont portées sur des carpes courts et profondément excavés, mais présentent des variations assez considérables dans la longueur des doigts, leur portion palmaire étant d'ailleurs toujours fort nette. Le bouquet de poils qui termine les doigts de ces organes est médiocrement allongé, comme dans les autres espèces du genre. La structure et l'arrangement de ces poils sont très caractéristiques : le bout du doigt, largement arrondi, se termine par un court stylet obtu, à droite et à gauche duquel sont groupés les poils de manière presque symétrique. Ces poils sont distribués en plusieurs rangées : la première est un crible où les poils sont raides, élargis à la base, qui est transversalement striée, et dentés en scie dans leurs deux tiers terminaux, avec des branches latérales dans la région du sommet; derrière ce crible viennent des poils de plus en plus longs qui se dilatent et forment une scie dans leur partie terminale; cette dernière est également pourvue de fines branches plus ou moins allongées. En somme, le pinceau qui termine les doigts se compose du court stylet médian et de poils en scie munis de branches latérales. L'espace compris entre les poils, sur la face interne de chaque doigt, est large et forme une demi-ellipse qui aboutit à la base du court stylet terminal.

Tout autre est la structure dans la *forme Atya* de la même espèce. Les carpes sont courts et en demi-lune, les doigts fendus jusqu'à la base des pinces et les bouquets de poils démesurément longs, aussi longs au moins que les pinces ; c'est la structure typique des *Atya*. Les poils eux-mêmes sont exactement du type de ce genre; ils forment deux longs bouquets symétriques séparés sur la face interne des doigts par un angle très aigu; à la place du stylet terminal, est une courte et large écaille translucide; enfin les poils eux-mêmes sont dépourvus de scie et frangés de branches latérales sur toute leur longueur. Rien ne ressemble moins aux pinceaux de poils de la forme *Ortmannia* et le rôle fonctionnel doit être tout autre. On se trouve, en somme, en présence d'un type organique essentiellement différent. Cette forme fut appelée *Atya serrata* par Sp. Bate.

2° *O. Henshawi*. — Plus grandes encore sont les différences entre les deux formes de cette espèce.

Dans la *forme Ortmannia*, les pinces et le carpe sont du type normal, celui qui a été décrit plus haut dans la forme *Ortmannia* de l'espèce précédente; les pinceaux eux-mêmes ont une structure analogue en ce sens qu'ils présentent plusieurs rangées de poils dentés en scie et frangés de quelques branches latérales. Mais le bout des

doigts n'est plus occupé par un stylet; il porte au contraire un arceau de courtes lames jaunes absolument contiguës et semblables à des ongles dont le bout libre serait arrondi. C'est à droite et à gauche de cet arceau que prennent place les poils en scie de la première rangée; les autres poils plus longs se trouvent en arrière, plus près de la face externe des doigts. D'ailleurs, comme dans les *Ortmannia* proprement dits, un large espace en demi-ellipse sépare, sur la face interne des doigts, les deux moitiés symétriques de chaque pinceau.

La *forme Atya* de cette espèce ne diffère en rien de celle décrite plus haut dans l'*O. Alluaudi;* le carpe, les pinces, les bouquets de poils et les poils eux-mêmes sont identiques et semblablement disposés. C'est le type *Atya* dans toute sa perfection; il avait d'ailleurs été désigné sous le nom d'*Atya bisulcata* par Randall.

Dans l'*O. Alluaudi* comme dans l'*O. Henshawi*, les deux formes présentent des différences considérables qui caractérisent deux types organiques largement distincts par leur structure et sûrement aussi par leurs habitudes. Pourtant, malgré ces différences, l'examen morphologique conduit à cette conviction que les deux formes ont les mêmes progéniteurs : une femelle d'*Ortmannia* doit sûrement donner naissance à des *Ortmannia* et à des *Atya;* je l'ai affirmé dès le début de mes recherches et M. Bordage (¹) l'a constaté par des élevages chez l'*O. Alluaudi.*

Nous sommes donc *en présence d'espèces douées de mutation évolutive, qui donnent indistinctement des individus de deux genres différents* **et qui nous montrent le type** *Atya* **dérivant brusquement** du type *Ortmannia*, dont il est fort éloigné par la structure et par les caractères biologiques.

A vrai dire, les *Ortmannia* sont assez petites et les *Atya* peuvent atteindre une grande taille, mais il faut noter que la forme atyenne de l'*O. Alluaudi* est presque toujours un peu plus grande que la forme ortmannienne, et d'un autre côté, que l'*O. Henshawi* est plus grand que l'*O. Alluaudi.* D'ailleurs certaines *Atya* bien fixées, entre autres l'*O. moluccensis* et l'*O. occidentalis*, ont une taille médiocre et se placent normalement à la suite de la forme atyenne de l'*O. Henshawi.* Une fois acquis par mutation, le type *Atya* s'est développé en suivant des règles évolutives propres.

Que certaines espèces, arrivées à un point de maturation convenable, puissent d'un seul coup changer de type et franchir le vaste espace qui les conduit à la forme organique supérieure, cela semble au premier abord impossible et c'est pourtant un fait; les exemples précédents nous en donnent la preuve, une preuve devant laquelle il faut bien s'incliner.

(¹) Ed. Bordage, *Mutation et régénération hypotypique chez certains Atyidés* (*Bull. scient. France et Belgique*, t. XLIII, 1909, p. 93).

En somme, si l'on s'en tient aux faits actuellement observés, les variations apparentes que subissent les êtres sont de deux sortes : les unes légères, les autres fort grandes.

Les *variations légères* peuvent être lentement acquises ou, comme dans les exemples de M. de Vries, apparaître brusquement par mutations; dans l'un et l'autre cas, elles se bornent le plus souvent à modifier la physionomie de l'espèce (races, variétés, petites espèces, fleurs pélориées), parfois elles conduisent, après une longue période, à une forme spécifique différente (espèces très voisines situées en deçà et au delà de l'isthme de Panama : *Clibanarius vittatus* et *Cl. panamensis*, *Xiphopenæus Kroyeri* et *X. Riveti*, etc.) ou par enchaînement d'espèces qui évoluent dans une même direction, à des formes génériques (les diverses espèces d'Éléphants se relient aux Mastodontes par les espèces du genre *Stegodon*).

Les *grandes variations* transforment d'un coup le type organique de l'espèce qui les subit. Elles obéissent aux lois évolutives propres de la lignée à laquelle appartient l'espèce et réalisent un grand progrès dans cette lignée. Par là même, il est possible de les prévoir à l'avance : si l'on observe quelque jour de grandes variations dans les *Xiphocaridina*, on peut être sûr qu'elles donneront des *Atyaephyra* ou des *Caridina*, comme les *Caridina* se transforment en *Ortmannia* et les *Ortmannia* en *Atya*. C'est au phénomène par lequel se produisent brusquement les amples variations précédentes qu'il convient d'appliquer le terme de *mutations évolutives*.

Un caractère des mutations évolutives, telles qu'on les observe dans la famille des Atyidés, c'est la variabilité fort grande des caractères génériques dans l'espèce mutante et la réalisation parfaite de ces mêmes caractères chez les individus de la forme supérieure. Ainsi, les pinces de l'*Ortmannia Alluaudi* sont de formes très diverses, mais celles de son type *serrata* présentent à la perfection les caractères atyens; il en est de même dans l'*O. Henshawi* et sa forme atyenne *bisulcata*. Si bien qu'il reste toujours un hiatus énorme entre la forme primitive et la forme supérieure qui en est issue.

Or, des hiatus brusques se rencontrent également partout, chez les animaux comme chez les plantes, dans la série des êtres vivants ou fossiles; les formes de transition ménagée font souvent défaut entre les types organiques différents; et ce qui se passe aujourd'hui ayant dû se produire autrefois, il n'est pas excessif d'attribuer ces hiatus considérables, au moins pour une part, à des mutations évolutives. Ainsi, certaines grandes étapes de l'évolution auraient été franchies par sauts brusques et étendus

rappelant ceux des *Ortmannia* qui se transforment en *Atya*. Quant aux variations légères, nous avons vu qu'elles peuvent se produire lentement ou par mutation simple, et M. de Vries pense même qu'elles ne peuvent persister que si elles tirent leur origine de ces dernières; en tous cas, elles sont parfois capables, en s'accumulant et se succédant, de modifier peu à peu le type organique primitif; la paléontologie en donne de beaux exemples, dont le plus frappant peut-être nous est offert par la dentition des Proboscidiens.

Les mutations évolutives réalisent brusquement des progrès considérables, mais elles s'élaborent avec lenteur et continuité durant des siècles, par une action des influences extérieures sur l'intimité de l'être; c'est à ce point de vue seulement que reste vrai l'axiome leibnizien : « la nature n'agit jamais par saut » (1). Comme je l'écrivais en 1905, l'espèce en mutation évolutive a sans doute accumulé, au cours de son histoire généalogique, une grande force d'évolution qu'elle dépense actuellement pour atteindre le type organique immédiatement supérieur où elle doit se fixer, au moins pendant une longue période.

On peut comparer ce phénomène à la genèse de certaines maladies qui s'élaborent longuement pour se développer tout à coup, à la maturation sexuelle qui se fait avec lenteur et apparaît brusquement, ou mieux encore à la métamorphose de certaines formes animales. Par le même processus de maturation lente, les mutations évolutives réalisent dans la phylogénie d'un type les mêmes transformations brutales que les métamorphoses dans l'ontogénie d'un individu; on peut donc justement les appeler des *phylomorphoses*. L'*Atya* s'est élaborée dans l'*Ortmannia* comme la Langouste s'élabore dans son phyllosome hyalin et foliacé, mais la première élaboration a réclamé des siècles tandis que la seconde réclame seulement quelques mois.

Les mutations évolutives démontrent sans conteste la transformation évolutive des êtres, puisqu'elles la produisent sous nos yeux : dans presque toutes les îles indo-pacifiques, on peut assister à la transformation brusque des *Ortmannia* en *Atya*, à la Réunion notamment où M. Bordage, d'un même coup de filet, a récolté plusieurs centaines d'*Ortmannia Alluaudi* et à peu près autant d'*Atya serrata*. A l'heure actuelle, les mutations évolutives ne semblent pas connues en dehors des Atyidés, mais peut-être suffira-t-il

(1) Lettre de M. Leibniz à M. Foucher, chanoine de Dijon, sur quelques axiomes de Philosophie : *G.-G. Leibnitii Opera omnia*. Édit. Lud. Dutens, t. II, 1693, p. 238.

d'avoir signalé ce phénomène important pour qu'on en constate ailleurs l'existence. J'ajoute que les familles où les espèces se trouvent actuellement en mutation évolutive ne doivent pas être très nombreuses, car il faut vraisemblablement des siècles pour élaborer les phylomorphoses, et la mutation ne peut se produire de nos jours que chez les formes où cette élaboration a pris fin.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'action du froid, du chloroforme et de l'éther sur l'*Eupatorium triplinerve *Vahl* (*Ayapana*). Note de M. **Édouard Heckel.**

On sait qu'un certain nombre d'espèces d'*Eupatorium*, après dessiccation, sont douées d'odeurs très recherchées, notamment l'*E. Dalea* L. qui répand une odeur de vanille et *E. aromatisans* DC. qui est employé pour parfumer les cigares de la Havane; quelques-unes même sont pourvues d'huiles essentielles à base de phellandrène comme l'*Eupatorium fœniculaceum* Willd. de l'Amérique du Nord (Virginie, Floride, États du Sud) et répandent à l'état vert l'odeur de cette essence.

L'Ayapana (*Eupatorium triplinerve* DC., *E. Ayapana* Vent.) jouit de la propriété de développer *après dessiccation* dans ses feuilles et dans sa tige (qui sont inodores à l'état vert et vivant), une odeur très sensible de mélilot. Il m'a paru d'autant plus intéressant de rechercher l'action du froid, du chloroforme et de l'éther sulfurique sur cette plante, tant à l'état vivant qu'en fragments foliaires ou tigellaires verts, qu'elle passe, d'après certaines analyses chimiques, pour posséder une huile essentielle à laquelle elle devrait ses propriétés odorantes. On l'a ainsi rapprochée de *Eupatorium fœniculaceum* et à tort. Je me suis assuré qu'il n'existe, du reste, ni dans le tissu de la feuille ni dans celui de la tige, aucune localisation cellulaire de cette prétendue essence qui devrait, si elle était diffuse et préformée dans l'ensemble des tissus de la feuille ou de la tige ou même dans le contenu cellulaire manifester ses propriétés, dès qu'on la froisse dans les mains à l'état frais, et c'est ce qui ne se produit pas. Par contre, c'est ce que l'on constate pour une foule d'autres plantes qui, à l'état vert, répandent l'odeur de leur essence immédiatement après froissement. Dans Ayapana, l'odeur coumarino-mélilotique ne se manifeste qu'après complète dessiccation de la plante entière ou de la feuille détachée, et cette dessiccation exige un temps

assez long, en général 5 à 8 heures (en temps sec et chaud), selon qu'il s'agit d'une simple feuille ou de la plante entière.

Après l'action du Kélène (*chlorure d'éthyle pur*), l'apparition de l'odeur mélilotique est très rapide, 5 à 6 minutes suffisent. Il se forme immédiatement une couche générale de givre sur les deux faces de la feuille impressionnée par le Kélène pulvérisé, mais le givre est plus accentué sur les bords de la feuille. On perçoit en effet l'odeur manifestement coumarino-mélilotique après ce laps de temps, et elle va s'accroissant ensuite de plus en plus.

Les actions respectives du chloroforme et de l'éther sulfurique sont identiques, mais beaucoup plus longues à se produire que par le froid. Il faut maintenir, sous cloche, dans l'air chloroformé ou éthéré, les tissus séparés de la plante pendant 15 minutes environ pour percevoir les premières émanations mélilotiques, et dès lors on observe sur les deux faces de la feuille une couche presque continue d'eau inodore transpirée. Une plante entière et en état de commencement de floraison maintenue vivante sous cloche anesthésique dans son pot d'origine, a mis plus longtemps encore, 45 minutes, pour se flétrir d'abord et enfin donner un commencement d'odeur. Il a fallu, pour que cette odeur se développât en totalité, que la plante donnât des signes manifestes d'altération profonde de ses tissus (noircissement des feuilles, courbure des inflorescences flétries), c'est-à-dire 1 heure et demie environ : retirée de la cloche à anesthésie, la plante, malgré tous les soins qui lui furent donnés, ne reprit pas sa vitalité. Elle était morte et tous les tissus, depuis les inflorescences jusqu'à la racine exclusivement, répandaient l'odeur coumarino-mélilotique.

Mêmes phases successives pour l'éther sulfurique sans retard ni accélération sensibles dans leur apparition.

En somme, l'action est comparable à celle que j'ai fait connaître en détail (*Comptes rendus*, 15 novembre 1909) touchant le froid et des anesthésiques sur le mélilot officinal, toutefois avec quelques variantes légères portant sur la durée de l'action des anesthésiques, qui, avec Ayapana, a été plus courte pour arriver au dégagement de l'odeur. Pas plus que dans le mélilot, le principe odorant n'existe à l'état préformé dans l'Ayapana : dans ces deux plantes, le phénomène se produit avec lenteur sous l'influence de la dessiccation, plus rapidement sous l'action des anesthésiques, enfin très rapidement sous l'action du froid (gel). Évidemment il y a là, comme facteur principal du phénomène, la déshydratation (*plasmolyse*) produite presque instantanément par l'action du gel (dont la formation immédiate du givre est la preuve),

moins rapidement par l'éther et le chloroforme (15 minutes), moins rapidement encore par l'évaporation spontanée à l'air libre (5 à 8 heures). Cette dernière se fait très lentement. Il est probable que, dans l'Ayapana, comme dans le mélilot, on trouvera de la *coumarine*, du *mélilotol* et de l'acide *mélilotique* si l'on en juge par la similitude des odeurs produites sous l'influence des mêmes facteurs, et par la même succession dans les phénomènes observés.

Comment les anesthésiques agissent-ils à titre de déshydratant sur les tissus de ces plantes? Aux dépens de quels éléments chimiques contenus dans les cellules végétales s'opère cette déshydratation dont le résultat est la formation du parfum définitif? C'est ce qu'il convient de dégager maintenant, comme j'ai essayé de le faire pour la formation de la *vanilline* dans la gousse verte de la vanille (*Comptes rendus*, 1910).

Par voie de déduction, il est probable que les rayons ultra violets produiront aussi sur cette plante des résultats identiques à ceux que je viens d'esquisser. Il serait intéressant de contrôler cette prévision établie d'après les faits signalés par M. Jean Pougnet qui a étudié récemment, sur les plantes odorantes à coumarine, à glucosides, et sur la vanille verte, les mêmes phénomènes dont je poursuis l'étude (*Comptes rendus*, 1910-1911), mais en employant comme unique facteur les rayons ultraviolets agissant sur les plantes que j'ai moi-même mises en cause vis-à-vis du froid et des anesthésiques. Cette étude faite comparativement sur le mélilot officinal et sur l'Ayapana, serait, si elle amenait aux mêmes résultats, une présomption de plus en faveur de l'identité de composition chimique des deux plantes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de S. A. S. le prince *Albert de Monaco*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 36,

MM. Sven Hedin	obtient	34 suffrages
Davis (W.-M.)	»	1 suffrage
Hildebrandsson (H.)	»	1 »

M. **Sven Hedin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel**, au nom de M. M. Caullery, secrétaire du Comité de souscription de la Médaille *A. Giard*, présente à l'Académie le premier Volume d'*Œuvres* du regretté naturaliste, auquel est joint un exemplaire des *Controverses transformistes* publiées par Giard de son vivant.

M. **Zaboudsky**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique; M. **E. Cosserat**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie; M. **Levi-Cività**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique; M. **Paul Wagner**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adressent des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° H. Andoyer, *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales*. (Présenté par M. G. Darboux.)

2° *Exposition universelle et internationale de Bruxelles*, 1910. *Section française : Arts chimiques et pharmacie. Rapport* par M. Trillat. (Présenté par M. A. Haller.)

ASTRONOMIE. — *Sur une étoile filante triple observée à Nice.* Note de M. **J.-Ph. Lagrula**, transmise par M. Bassot.

Pendant la nuit du 21 au 22 juin, tandis que j'étais occupé à observer une petite planète à l'équatorial de $0^m,38$ à Nice, je vis très nettement une étoile filante triple traverser le champ de la lunette.

J'observais sur champ obscur avec un grossissement de 140, auquel correspond un champ visible de 20′ environ. La traînée de l'étoile filante, orientée du NW (apparition) au SE (disparition), était formée très distinctement de *trois traits lumineux parallèles* inégalement distants : la distance entre le trait supérieur (SW) et le trait intermédiaire, et celle entre ce

dernier et le trait inférieur (NE) étant à peu près dans le rapport de 2 à 1. Pendant un instant notable, bien que je l'estime inférieur à une seconde, j'ai eu la sensation que produirait un triple fil brillant subitement tendu dans le micromètre.

Les intensités lumineuses des traits m'ont paru de l'ordre de celles qui résulteraient du passage rapide d'astres de 7^e ou 8^e grandeur. Je n'ai d'ailleurs pas constaté de différences notables entre les éclats des trois traits.

Par comparaison avec les couples de fils disposés dans le champ du micromètre, j'estime que les traînées extrêmes étaient à une distance d'une quinzaine de secondes d'arc.

Le phénomène s'est produit au moment où j'effectuais ma dernière série de mesures sur la planète et l'étoile de comparaison. Cette circonstance m'a permis de déterminer avec une assez grande précision les éléments de l'observation qui fait l'objet de la présente Note et qui sont les suivants :

Époque : 1911, juin 21, à $12^h 4^m 37^s \pm 5^s$, temps moyen de Nice.

Coordonnées équatoriales apparentes d'un point de la trajectoire :

$$\alpha = 15^h 32^m 50^s \pm 10^s; \qquad \delta = -7^\circ 16'.$$

Orientation de la trajectoire définie par les angles de position : à l'apparition $315^\circ \pm 10^\circ$, à la disparition $135^\circ \pm 10^\circ$.

Distance angulaire apparente des traînées extrêmes : $16'' \pm 4''$.

PHYSIQUE. — *Action de la translation terrestre sur les phénomènes lumineux.* Note [1] de M. **Luigi Giuganino**, présentée par M. H. Poincaré.

Le résultat auquel je suis arrivé dans une Note précédente publiée ici même (cf. *Comptes rendus*, t. 152, p. 1662) est indépendant du choix particulier des variables auxquelles se rapportent les équations de la lumière; mais il ne sera pas inutile, peut-être, de le déduire à nouveau du théorème de Lorentz (*Encyklopädie der math. Wiss.*, Bd. V_2, Heft 2, S. 266), qu'on peut énoncer de la façon suivante :

Soient :

X, Y, Z, α, β, γ les composantes de la force électrique et magnétique;
v_x, v_y, v_z les projections de la vitesse v de la Terre sur les axes;

[1] Présentée à la séance du 12 juin 1911.

c, ω les vitesses de la lumière dans le vide et dans les milieux transparents;

ν, T, T′ l'indice de réfraction pendant le repos, la période absolue, et la période relative d'après le principe de Döppler-Fizeau;

$$x' = x - v_x t, \qquad y' = y - v_y t, \qquad z' = q - v_z t$$

les coordonnées mobiles;

$$t' = t - \frac{x' v_x + y' v_y + z' v_z}{c^2}$$

le temps local de Lorentz;

$$X' = X + \frac{1}{c}(v_y \gamma - v_z \beta), \qquad \ldots;$$

$$\alpha' = \alpha + \frac{1}{c}(v_z Y - v_y Z), \qquad \ldots.$$

Soit connu pour un système au repos un état dans lequel X, Y, Z, α, β, γ sont certaines fonctions de x, y, z, t, T; alors dans le système en mouvement X′, Y′, Z′, α', β', γ' sont les mêmes fonctions de x', y', z', t', T (Drude, *Lehrbuch der Optik*, p. 433).

Les axes Ox, Oy étant parallèles aux rayons lumineux avant et après la réflexion (voir la Note précédente), admettons que l'onde plane entre dans L_1 au temps absolu $t = 0$, au point $x = y = z = 0$. X, Y, Z, α, β, γ seraient proportionnels à

$$\sin\frac{2\pi}{T_1}\left(t - \frac{\nu x}{c}\right)$$

si L_1 était au repos, et, d'après le théorème de Lorentz, X′, Y′, Z′, α', β', γ' seront proportionnels à

$$\sin\frac{2\pi}{T'_1}\left(t' - \frac{\nu x'}{c}\right)$$

pendant le mouvement. L'onde plane O_1 qui, au temps local $t' = 0$ entre en L_1 au point $x' = 0$, $y' = z' = 0$, en sort au point $x' = l$, $y' = z' = 0$ quand le temps local y est $t'_1 = \frac{\nu l}{c}$, et le temps absolu

$$t_1 = t'_1 + \frac{v_x l}{c^2} = t'_1 = \frac{\nu l}{c},$$

car $v_x = 0$. Pendant le temps absolu elle a parcouru un espace l_1, et dans l'éther libre elle aurait parcouru un chemin $ct_1 = \nu l$. Donc elle est en retard d'une longueur

$$R_1 = (\nu - 1)l.$$

Supposons maintenant que l'onde O'_2 entre dans L_2 au temps $t = 0$, au point $y = 0$, $x = z = 0$.

Dans le repos on aurait

$$\sin \frac{2\pi}{T_2}\left(t - \frac{\nu y}{c}\right);$$

pendant le mouvement on aura

$$\sin \frac{2\pi}{T'_2}\left(t' - \frac{\nu y'}{c}\right).$$

L'onde qui entre dans L_2 au temps local $t' = 0$ au point $y' = 0$, $x' = z' = 0$, sort en $x' = z' = 0$, $y' = l$ au temps local $t'_2 = \frac{\nu l}{c}$, et au temps absolu

$$t_2 = t'_2 + \frac{l v_y}{c^2} = \frac{\nu l}{c} + \frac{l v_y}{c^2}.$$

Pendant ce temps absolu elle a parcouru un espace $l + v_y t_2$, car L_2 s'est déplacée de $v_y t_2$; dans l'éther libre elle aurait parcouru un chemin

$$c t_2 = \nu l + \frac{l v_y}{c};$$

donc elle est en retard d'une longueur

$$R_2 = l(\nu - 1)\left(1 - \frac{v_y}{c}\right).$$

L'onde O'_1 reste en arrière de O'_2 d'une longueur

$$R = R_1 = R_2 = l(\nu - 1)\frac{v_y}{c},$$

et les franges d'interférence se déplacent.

On remarquera que ce déplacement des franges est dû à ce que, l'éther n'étant pas entraîné dans la translation terrestre, les deux lames transparentes L_1, L_2 agissent d'une façon dissymétrique sur les deux faisceaux de rayons interférents : dans toutes les autres expériences sur l'interférence, l'action de la translation terrestre est presque symétrique sur les deux faisceaux, et alors, d'après le théorème de Lorentz, le terme en $\frac{v}{c}$ devait disparaître par différence, et ce théorème s'accordait bien avec les faits observés.

PHYSIQUE. — *Des images révélées physiquement après fixage de la plaque au gélatinobromure d'argent irradiée. Actions isolées ou successives de la lumière et des rayons* X. Note [1] de M. **Chanoz**, présentée par M. d'Arsonval.

I. On peut admettre qu'une plaque sensible excitée par les radiations (lumière en rayons X), puis fixée et lavée [2] renferme des *germes actifs*, capables d'amener la condensation de l'argent naissant, engendré par le révélateur physique utilisé [3].

Pour une irradiation de courte ou moyenne durée la plaque sensible ne présente aucune altération *visible*, soit avant soit après le fixage. Pour les fortes irradiations provoquant une solarisation prononcée, il en est autrement : on le sait, les plages fortement ou longuement irradiées paraissent, avant le fixage, plus foncées que les plages moins exposées; après le fixage, les plages très irradiées ne deviennent pas parfaitement transparentes, elles conservent un aspect dichroïque dû à des particules solides dérivant de la préparation argentique.

On ignore si les germes invisibles [4] correspondant aux faibles expositions sont constitués par des particules dérivant du sel d'argent ou par des modifications structurales, créées par ce sel transformé dans la gélatine, ou encore par ces deux causes réunies. On ne sait pas davantage si, pour les irradiations solarisantes, il existe d'autres germes que les particules solides rendues apparentes par diffraction.

II. L'agent fixateur paraît jouer un rôle notable dans la constitution de

---

(1) Présentée à la séance du 12 juin 1911.

(2) M. Chanoz, *Comptes rendus* du 6 juin 1911.

(3) Ce serait en somme le même mécanisme que celui invoqué par M. Villard dans ses belles expériences sur les *Phénomènes pseudo-photographiques* (*Bulletin des séances de la Société française de Physique*, 1908, p. 211-225).

D'après ces mêmes expériences, il est très probable que l'on pourrait révéler *l'image après fixage* par d'autres révélateurs que ceux à base de sel d'argent.

(4) Le sel d'argent est nécessaire à la production de ces germes : une plaque débarrassée de son bromure d'argent, lavée, séchée et irradiée, puis développée physiquement ne donne aucune image. La gélatine ne joue pas un rôle exclusif : d'après M. Eder, les plaques au collodion se comporteraient comme les plaques au gélatinobromure, en ce qui concerne la lumière.

ces germes actifs, car il est possible en variant son degré de concentration d'obtenir des images après fixage non identiques.

On irradie par un bec Auer, placé à $0^{m},60$, et pendant des temps allant de moins d'une seconde à plus de 2 heures, des plaques au gélatinobromure (Lumière *bleue* et Jougla *verte*). Des bandes parallèles, découpées dans ces plaques, sont traitées simultanément par le bain de développement physique déjà décrit antérieurement, après avoir été fixées respectivement (et par une durée d'immersion juste suffisante) par des solutions pures d'hyposulfite de sodium, de titres allant de $0^{g},33$ à 33^{g} pour 100^{cm^3}. La comparaison des images obtenues dans ces conditions m'a donné ces résultats :

1° Pour une irradiation donnée, l'opacité *absolue* de l'image diminue en général quand s'abaisse la concentration de l'hyposulfite de sodium; avec les concentrations faibles, les courtes poses ne donnent pas d'impression appréciable;

2° L'opacité *relative* des images correspondant à des poses différentes est conservée pour les bains d'hyposulfite de titres supérieurs à 1^{g} pour 100 : quand la durée de pose augmente, l'opacité s'accroît, passe par un maximum, décroît, puis ensuite remonte;

Quand le titre du bain de fixage est proche de $0^{g},33$ pour 100, l'opacité *paraît* continuellement s'accroître avec la durée d'irradiation.

III. D'après les résultats précédents, on peut s'attendre à rencontrer, tout au moins dans certains cas, un défaut de parallélisme entre les négatifs obtenus : (A) par développement physique après fixage; (B) par développement immédiat habituel.

J'ai comparé les négatifs (A) et (B) préparés aussi correctement que possible, pour des irradiations isolées ou successives de rayons X et de lumière (bec Auer), en utilisant toujours, pour simplifier, des solutions d'hyposulfite de sodium de 10 à 20 pour 100 environ. Voici quelques résultats :

α. *Lumière seule ou rayons* X *seuls.* — Les opacités (A) et (B) qui diffèrent en valeur absolue sont *à peu près* parallèles. Pour des irradiations croissantes, l'opacité passe par un maximum, décroît et remonte. La *remontée* est surtout prononcée dans le négatif (A) après fixage, en raison de l'importance relative des germes visibles, *opaques* des régions très surexposées.

β. *Lumière et rayons* X *associés.* — M. Villard [1] a prouvé qu'il n'est pas indifférent, pour le négatif *ordinaire* (B), de faire agir successivement sur la plaque sensible (Jougla) les rayons X et la lumière *ou* la lumière et les rayons X. Quand on suit l'ordre (1) : lumière + rayons X, les impressions s'ajoutent. Pour l'ordre inverse (2), *la lumière efface l'action des rayons* X. En utilisant convenablement les rayons X

---

[1] M. Villard, *Sur les actions chimiques de la lumière* (*Bulletin des séances de la Société française de Physique*, 1907).

pendant 6^m ou 15^m, la lumière du bec Auer de 0^h à 2^h30^m, j'ai fait ces constatations :

1° Les négatifs ordinaires (B_1), (B_2) sont extrêmement dissemblables. Leur interprétation vérifie pleinement la conception de M. Villard.

2° Les négatifs après fixage (A_1), (A_2) sont très différents des clichés (B) correspondants.

Les clichés (A_1), (A_2) se ressemblent beaucoup. Ils rappellent les négatifs du paragraphe précédent obtenus par l'action d'une radiation unique.

PHYSIQUE. — *Appareil de réception téléphonique de signaux sous-marins.* Note de M. J. **Gardner**, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis les célèbres expériences de Colladon et Sturm sur le lac de Genève, on a cherché quels étaient les meilleurs moyens pour percevoir, avec le plus d'intensité possible, les ondes sonores transmises dans le sein des liquides. Ces recherches sont particulièrement intéressantes, lorsqu'il s'agit de percevoir, à grande distance, les signaux produits au moyen des cloches sous-marines.

Ces signaux ont été reconnus supérieurs à ceux qui sont transmis dans l'air, car ils ne sont pas affectés par les conditions atmosphériques et peuvent être entendus en tous temps et à des distances uniformes.

L'appareil récepteur, que nous avons employé dans nos recherches, est basé sur un système téléphonique. La cuirasse même du navire constitue la paroi, qui est directement influencée par les ondes sonores transmises par l'eau. Les vibrations de la cuirasse amènent les changements de résistance électrique dans un microphone, monté de façon à pouvoir être influencé par elles. Le microphone est relié électriquement avec un récepteur téléphonique, placé dans une partie convenablement choisie du bâtiment. L'observateur doit pouvoir déterminer la direction précise des ondes émises par la cloche.

Ce système d'appareils récepteurs vient d'être adopté par la *Marine française* à la suite des essais qui ont été faits au port de Cherbourg, et les modèles qui sont construits actuellement pour cet usage en France par MM. F. Ducretet et E. Roger, comprennent un transmetteur microphonique très sensible, renfermé dans une boîte parfaitement étanche en fonte, solidement fixée contre la cuirasse du navire au-dessous de la ligne de flottaison, et relié à une paire de téléphones qu'on fixe aux oreilles.

Ce microphone reçoit les vibrations par l'intermédiaire d'un anneau de métal, à l'extrémité duquel il est vissé et qui est fixé solidement au fond de la boîte par l'extré-

mité diamétralement opposée. Cet anneau, dont les dimensions ont été rigoureusement déterminées, possède des propriétés de résonance très marquées, de telle sorte qu'il ne puisse entrer en vibration que sous l'influence exclusive des ondes sonores émises par la cloche sous-marine, à la fréquence la plus convenable pour la transmission des signaux.

L'utilisation du phénomène connu de la résonance permet, en même temps, d'accroître considérablement la portée des signaux, les sons provenant de la cloche étant amplifiés par résonance, et ceux provenant du bateau même (bruits d'hélice, frottement des vagues, etc.) sont amoindris dans leurs effets sur l'appareil téléphonique.

Chaque bateau comprend deux systèmes semblables, l'un fixé à bâbord, l'autre à tribord, et l'opérateur peut connecter à volonté à l'aide d'un commutateur le récepteur téléphonique sur l'un ou l'autre des microphones. Il est ainsi possible de comparer les intensités de sons frappant les deux côtés du bâtiment. En modifiant ensuite la direction du bateau jusqu'à ce que les deux microphones soient également influencés, on peut arriver à déterminer la direction suivant laquelle les sons sont émis.

OPTIQUE. — *La translation de la Terre et les phénomènes optiques dans un système purement terrestre*. Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une Note récente (p. 1662 de ce Volume), M. L. Giuganino prévoit théoriquement que la translation de la Terre produit un effet du premier ordre sur les interférences lumineuses dans l'hypothèse d'un éther non entraîné par la Terre (*hypothèse de Fresnel*), et il montre comment cet effet serait observable, sans avoir besoin d'emprunter la lumière des astres.

Son raisonnement devient inexact à partir du moment (p. 1663, ligne 8) où il admet que la vitesse absolue de la lumière dans une lame de verre suivant la direction du mouvement de la Terre est la même que si la Terre était immobile.

I. Pour avoir dans les questions de cette nature la vue la plus directe, il convient de partir non pas de la considération des *vitesses de propagation*, mais de celle des *durées de propagation*.

J'ai montré que la durée de propagation T, ou $\frac{l}{V}$, le long d'un cylindre de longueur déterminée l, d'abord au repos, est augmentée, quand le

cylindre fuit avec la vitesse v devant la lumière, d'une durée ΔT (*effet de mouvement*) *indépendante de la matière qui remplit le cylindre; cette durée* ΔT *est la même que si le cylindre était vide de toute matière*, de sorte que, si V_0 désigne la vitesse de la lumière dans le vide, la valeur de ΔT est

$$(1) \qquad \Delta T = \frac{lv}{V_0^2}.$$

Cette *loi de l'effet élémentaire de mouvement* est établie en considérant seulement les effets du premier ordre et en supposant la matière transparente formée de particules isolées qui baignent dans un milieu identique à l'éther du vide et qui n'entraînent pas cet éther du vide dans leur mouvement général de translation (*Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 818; *Société française de Physique*, année 1899, p. 162).

On voit que, si l'épaisseur l, d'abord vide, est ensuite occupée par de l'air ou par une lame de verre (dans l'expérience de M. Giuganino, la lame de verre L_2), rien ne sera changé dans l'influence du mouvement de la Terre, contrairement à ce que pense M. Giuganino. Telle est la manière la plus simple de discuter la question.

II. M. Giuganino ayant considéré les vitesses de propagation, je vais reprendre la question sous cette nouvelle forme :

Nous considérons la durée de propagation le long d'une règle ou d'un cylindre de longueur déterminée l. Au repos, V désigne la vitesse de la lumière [1] dans le verre d'indice n $\left(\text{ou } \frac{V_0}{V}\right.$, en appelant V_0 la vitesse dans le vide$\left.\right)$.

Quand on considère la propagation dans la direction du mouvement de la Terre qui emporte le milieu d'indice n, deux questions différentes se posent :

1° Supposons d'abord la règle où le *cylindre de propagation* emporté avec la vitesse v de la Terre, c'est-à-dire avec le milieu optique considéré. Nous considérons alors la durée de propagation sur la longueur l du cylindre rempli par le milieu d'indice n. Partons de la *loi* (1) *de l'effet de mouvement*. Cette durée est

$$(1') \qquad T + \Delta T = \frac{l}{V} + \frac{lv}{V_0^2}.$$

---

[1] Il vaudrait mieux, avec M. Gouy, employer ici l'expression : *vitesse de propagation de la phase des vibrations lumineuses.*

La vitesse de propagation correspondante, comptée sur la règle, est aussi comptée relativement au milieu. C'est $\frac{l}{T + \Delta T}$ ou

$$U = V - \frac{v}{n^2}. \tag{1''}$$

On voit que la différence entre l'ancienne vitesse V et la nouvelle U dépend de l'indice n, tandis que la différence ΔT correspondante n'en dépend pas.

2° Supposons la règle ou le cylindre de longueur l invariablement lié aux axes par rapport auxquels est définie la vitesse v du milieu. Soit V′ la vitesse de propagation dans le milieu, toujours comptée par rapport à la règle ou au cylindre. C'est la vitesse absolue que considère M. Giuganino. C'est, dans le cas de l'expérience de Fizeau, la *vitesse de la propagation de la phase dans l'eau en mouvement comptée par rapport au tube fixe de Fizeau.*

Il est évident que si le milieu, l'eau du tube de Fizeau, fuit devant la lumière, la vitesse V′ est

$$V' = U + v = V + v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right); \tag{2}$$

$v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ est la vitesse dite « d'entraînement des ondes par l'eau en mouvement » dans l'expérience de Fizeau.

L'hypothèse faite par M. Giuganino revient à négliger la différence entre V′ et V, c'est-à-dire la vitesse d'entraînement qui produit l'effet Fizeau.

De la formule (2) on peut déduire la durée T′ de propagation le long du tube de Fizeau

$$T' = \frac{l}{V'} = T - \frac{Lv}{V_0^2}(n^2 - 1), \tag{2'}$$

formule que j'ai directement et plus simplement établie en partant de la loi de l'effet de mouvement (*loc. cit.*). Cette formule donne immédiatement le nombre x d'interfranges dont le quadruple représente le déplacement observé dans l'expérience d'interférence de Fizeau

$$x = \frac{T - T'}{\theta} = \frac{Lv}{\lambda V_0}(n^2 - 1) \tag{2''}$$

(θ période, λ longueur d'onde correspondante ou $V_0\theta$).

Réciproquement si l'on admet l'une des dernières formules, c'est-à-dire la loi de Fresnel-Fizeau, relative à la propagation de la phase vibratoire lumineuse dans un milieu en mouvement, en reprenant le raisonnement en sens inverse, on retrouve la loi (1) de l'effet de mouvement qui s'oppose à la réussite de l'expérience de M. Giuganino.

Je me permets de rappeler que, de cette loi fondamentale (1) établie d'une manière très intuitive (*loc. cit.*), j'ai déduit l'explication très simple de l'effet Fresnel-Fizeau (*loc. cit.*), la loi de l'aberration des étoiles (*Comptes rendus*, t. 141, p. 1220), l'impossibilité d'observer un effet de l'ordre de l'aberration, dû au mouvement de la Terre, dans un système optique purement terrestre, tant qu'on admet l'hypothèse de Fresnel (éther du vide non entraîné) (*loc. cit.*), ou, d'une manière plus générale, tant qu'on admet que le mouvement relatif de l'éther du vide est irrotationnel (*Comptes rendus*, t. 152, p. 310). Mes conclusions établies indépendamment de la théorie électromagnétique sont celles de la théorie électromagnétique (H.-A. Lorentz). J'ai dit ailleurs (*Société de Physique*, année 1899, p. 174), quel intérêt il y a de pouvoir raisonner sur des cas limités en éliminant toutes les hypothèses non strictement nécessaires.

Dans le dernier travail (*Comptes rendus*, t. 152, p. 310, et *Le Radium*, 1911, p. 1) j'ai établi par une expérience d'un nouveau genre une limite supérieure du degré de rotationalité (densité du tourbillon) du mouvement relatif de l'éther et de la Terre et montré ainsi la grande précision avec laquelle est satisfaite, dans l'air, une hypothèse plus générale que l'hypothèse de Fresnel.

La théorie de M. Giuganino faite en partant de l'hypothèse de Fresnel la contredit ensuite formellement.

OPTIQUE. — *Sur la mesure des intensités des diverses radiations d'un rayonnement complexe.* Note de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. G. Lippmann.

Le rapport des intensités de deux radiations de longueurs d'onde différentes ne peut être correctement défini que par le rapport des quantités d'énergie qu'elles transportent, dont la mesure s'obtient par des expériences bolométriques en déterminant les quantités de chaleur dégagées par unité de temps lorsque ces radiations sont absorbées. Une telle mesure, faite sur un rayonnement complexe, donne la somme des intensités des radiations

qui le composent. Pour avoir la part qui revient à chacune d'elles, on est amené à les séparer au moyen d'un spectroscope. La nécessité d'employer un récepteur bolométrique linéaire, la faible quantité d'énergie qu'il reçoit, l'inégal affaiblissement exercé par le spectroscope sur les diverses radiations rendent assez délicat l'emploi de cette méthode. Aussi, les mesures de cette espèce sont-elles très peu nombreuses, en dehors de la région infrarouge. C'est ainsi qu'on ne connaît presque rien sur l'énergie correspondant à l'ultraviolet du rayonnement solaire.

La nouvelle méthode que nous allons exposer consiste à mesurer l'intensité totale du rayonnement après passage à travers des absorbants modifiant d'une façon connue chacune des radiations.

Lorsqu'une radiation monochromatique d'intensité A traverse une épaisseur z d'une substance absorbante, son intensité devient Ae^{-mz}. Pour un rayonnement complexe formé de radiations simples d'intensités A_1, A_2, etc., l'intensité totale, après passage à travers l'épaisseur z, sera

$$I = A_1 e^{-m_1 z} + A_2 e^{-m_2 z} + \ldots.$$

Si les valeur des constantes m sont connues, la mesure de l'intensité totale I donne une relation du premier degré entre les intensités A des diverses radiations. On obtiendra autant d'équations qu'on voudra soit en faisant des expériences sur diverses épaisseurs z, soit en employant différents absorbants.

Chacun des coefficients d'absorption m, relatif à une radiation simple, est obtenu par une mesure de transparence faite en lumière monochromatique par les procédés ordinaires de la photométrie, visuelle, photographique ou bolométrique.

Les équations se simplifient par un choix convenable des absorbants qui peuvent, par exemple, être complètement opaques pour certaines radiations et parfaitement transparents pour d'autres. Le cas le plus favorable serait celui où chaque absorbant ne laisserait passer qu'une seule radiation. On peut aussi simplifier le rayonnement total en lui faisant traverser un absorbant fixe qui élimine certaines radiations, et étudier ensuite celles qui subsistent.

Dans l'application de cette méthode on peut utiliser des flux d'énergie notables, et l'on n'a pas besoin d'un appareil bolométrique aussi sensible que lorsque les radiations sont séparées par un spectroscope. L'emploi d'un d'un récepteur linéaire n'est pas nécessaire.

Nous nous sommes servis d'une pile thermo-électrique reliée à un galva-

nomètre à cadre mobile. Un rayonnement de $1,95 \times 10^{-6}$ watt par centimètre carré donnait une déviation de 1^{mm} sur l'échelle du galvanomètre. Pour éliminer l'influence des réflexions et des réfractions sur les faces des cuves absorbantes on comparait l'énergie transmise par les cuves à celle qui passait à travers des épaisseurs égales de liquides transparents.

Nous avons étudié par cette méthode le rayonnement des lampes en quartz à vapeur de mercure. On peut, dans le rayonnement de la lampe, établir un certain nombre de groupes au moyen d'absorbants convenables. Une couche d'eau de 2^{cm} absorbe complètement le rayonnement infrarouge de la lampe sans affaiblir les autres radiations. Une solution de chromate de potassium laisse subsister seulement les radiations verte jaunes et rouges, dont le partage est ensuite fait en utilisant l'absorption de cuves d'éosine et de fuchsine. Les radiations 4358, 4046 et 3660 sont mesurées en utilisant l'absorption par du pétrole, une dissolution de sulfate de quinine et une dissolution étendue de chromate de potassium. L'absorption par le verre et par différentes solutions d'acide oxalique permet d'obtenir les intensités des radiations de plus faible longueur d'onde.

Les résultats suivants se rapportent au rayonnement émis par une lampe Heraeus à faible régime électrique (longueur du tube de quartz 6^{cm}; intensité du courant 3,5 ampères ; tension aux bornes 27 volts ; puissance consommée dans la lampe 95 watts). Les intensités, mesurées dans la direction normale à l'axe de la lampe, sont exprimées en prenant comme unité l'intensité de la radiation verte.

Rayonnement total (y compris l'infrarouge).............	60
Rouge...	0,13
5769 et 5790......................................	0,49
5460..	1,00
4358..	0,88
4046..	0,64
Groupe 3660.......................................	0,41
Groupe 3130.......................................	0,79
2536..	0.32

De ces valeurs relatives des intensités on peut déduire les valeurs absolues au moyen des résultats suivants : à 1^m de la lampe, dans la direction déjà indiquée, la radiation 5460 donne $0,583 \times 10^{-5}$ watt par centimètre carré, et le rayonnement total 35×10^{-5} watt par centimètre carré.

D'autre part, l'intensité du rayonnement de la lampe n'est pas le même dans toutes les directions, et nous avons trouvé que le rapport entre l'intensité sphérique moyenne et l'intensité dans la direction normale était d'environ 0,8. Il devient alors facile de calculer le rayonnement de la

lampe dans tout l'espace pour chacune des radiations. On trouve ainsi que la lampe rayonne 0,58 watt sous forme de radiation 5460, et 35 watts pour l'ensemble de ses radiations. Les radiations verte et jaunes, à peu près seules utiles pour l'éclairage, correspondent à une puissance rayonnée de 0,9 watt.

La différence entre les 95 watts électriquement fournis à la lampe et les 35 watts de rayonnement global représente la perte par convection dans l'air.

OPTIQUE. — *Sur les vitesses des circulaires inverses dans la polarisation rotatoire*. Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

L'interprétation de Fresnel, relative à la polarisation rotatoire, fournit une première relation, entre les vitesses G et D des deux circulaires que le quartz propagerait suivant son axe. Cornu ([1]) a cherché à obtenir expérimentalement une deuxième équation

$$\frac{G+D}{2} = W, \tag{1}$$

où W est la vitesse de l'onde ordinaire perpendiculaire à l'axe; et, pour établir cette relation, il a eu recours à deux sortes d'observations fondées, les unes sur le dédoublement d'un rayon en deux autres, de part et d'autre de l'axe, par un prisme de quartz convenablement taillé, les autres sur un procédé interférentiel, par l'emploi d'un biquartz à axes croisés.

Mais M. Gouy ([2]) avait indiqué, pour interpréter la double réfraction circulaire de Fresnel, une théorie de laquelle il résulte que, pour une onde traversant suivant l'axe un prisme d'angle ω, la déviation du plan de polarisation due au pouvoir rotatoire ρ, produit nécessairement un dédoublement de l'onde en deux autres, et leur écart par rapport à une onde dont le plan de polarisation n'aurait pas tourné a deux valeurs égales et de signes contraires données par $\pm \frac{\lambda.\rho.\tang\omega}{2\pi}$.

Ce dédoublement symétrique s'explique donc comme *un phénomène de diffraction d'un genre particulier* et ne peut être invoqué à l'appui de la relation citée plus haut.

([1]) *Journal de Physique*, 2e série, t. I, 1882, p. 157.
([2]) *Comptes rendus*, t. 90, p. 992 et 1121.

J'ai cherché si l'expérience faite par le dispositif interférentiel permettait de maintenir les mêmes conclusions. On y serait en effet conduit en considérant l'onde incidente comme constituée par deux circulaires, dont les vitesses seraient D et G dans l'un des quartz, W_d et W_g dans l'autre quartz, taillé parallèlement à l'axe (les deux valeurs W_d et W_g étant d'ailleurs égales entre elles) et en groupant ces circulaires fictifs pour envisager leurs interférences.

Pour obtenir une interprétation plus générale, remarquons qu'une vibration polarisée traverse l'une des parties du biquartz avec une vitesse égale soit à O soit à E, en gardant sa direction de vibration dans le quartz parallèle à l'axe, tandis que dans l'autre, où elle suit la direction de l'axe, elle tourne en même temps d'un angle θ. Considérons la vibration ordinaire ; en un point où le retard géométrique est δ, on a, indépendamment de toute hypothèse, à combiner deux mouvements vibratoires faisant entre eux un angle θ et présentant un retard δ ; il en résulte une vibration elliptique, qui, avec ces constituants *non rectangulaires entre eux*, donne une intensité exprimée en général par

$$(2) \qquad a^2 + a'^2 + 2aa' \cos\theta \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda},$$

ce qui fournit ici

$$1 + \cos\theta\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda},$$

ou

$$1 + \frac{1}{2}\cos\left(\theta - \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) + \frac{1}{2}\cos\left(\theta + \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right),$$

ou, enfin,

$$(3) \qquad \cos^2\left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi\delta}{\lambda}\right) + \cos^2\left(\frac{\theta}{2} + \frac{\pi\delta}{\lambda}\right).$$

Avec la lumière blanche, on aura une somme Σ de termes semblables, et d'ailleurs, en un point déterminé, δ est un retard géométrique indépendant de la couleur, tandis que θ est une fonction de λ. Cette dépendance empêche en général de voir les franges en lumière blanche, sauf en certaines régions où se manifeste une concordance particulière. Or, soit qu'on fasse intervenir la considération de la frange achromatique, dans l'équation (3) qu'on simplifie en envisageant séparément les deux termes principaux, soit qu'on applique à l'équation (2) une théorie plus précise, que j'exposerai ultérieurement au sujet de cette concordance, on obtient comme

condition de visibilité en lumière blanche

$$\frac{\pi\delta}{\lambda} = \pm\theta \quad (^1),$$

pour la région moyenne du spectre ; on en conclut à l'existence de deux groupes de franges *qui sont toujours également déplacées de part et d'autre de la droite de symétrie*, sans que cette égalité de déplacement entraîne une relation pour les quantités telles que G ou D, qui n'interviennent pas dans cette équation.

La considération de la vibration extraordinaire conduit à des conclusions analogues, mais alors δ comprend, en dehors du retard géométrique, un terme de la forme $(n' - n)e$; les deux systèmes sont rejetés sur le côté et à égale distance de part et d'autre du système latéral qu'on obtiendrait en remplaçant, dans le bilame, le quartz perpendiculaire à l'axe par un quartz parallèle dont l'axe serait croisé avec l'autre.

Les quatre systèmes de franges sont donc distincts et se produisent si l'on emploie la lumière naturelle ; mais, à cause de l'étroitesse du champ commun, on ne peut guère les observer simultanément, à moins d'employer un biquartz de faible épaisseur, auquel cas, ils forment deux groupes, l'un au voisinage du centre, l'autre sur le côté, chacun de ces groupes étant élargi par le voisinage de deux systèmes contigus, ainsi que je l'ai vérifié avec le bilame que M. Pellin a construit sur mes indications.

PHYSIQUE. — *Sur quelques théorèmes généraux de Mécanique et de Thermodynamique.* Note de M. L. Bloch, présentée par M. E. Bouty.

I. Lord Rayleigh a énoncé les deux théorèmes suivants ([2]) : Soit un système mécanique au voisinage d'une position d'équilibre stable. Désignons par V l'énergie potentielle, par Ψ_i et ψ_i les forces et les déplacements (généralisés) comptés à partir de cette position, de façon qu'on ait

$$(1) \qquad 2V = \Psi_1\psi_1 + \Psi_2\psi_2 + \ldots + \Psi_n\psi_n.$$

Théorème I. — *Si $\Psi_1, \Psi_2, \ldots, \Psi_n$ sont donnés, la position d'équilibre prise*

([1]) Au lieu de $\frac{\pi d}{\lambda} = \pm\frac{\theta}{2}$ que donnerait la considération de la frange centrale à laquelle on se bornait autrefois.

([2]) Lord Rayleigh, *Theory of Sound*, 2e éd., t. I, p. 94.

par le système correspond à une valeur de V plus grande *que pour toute autre position d'équilibre en présence des mêmes forces assistées de liaisons.*

Théorème II. — *Si* $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_r$ *sont donnés* $(r < n)$, *la position d'équilibre qui correspond à l'énergie potentielle* la plus petite *est celle pour laquelle* $\Psi_{r+1} = \Psi_{r+2} = \ldots = \Psi_n = 0$.

II. Les deux propositions de lord Rayleigh sont des cas particuliers d'un théorème général :

Si l'on se donne r relations quelconques entre les ψ_i et les Ψ_i $(r < n)$

$$(2) \qquad f_1 = 0, \quad f_2 = 0, \quad \ldots, \quad f_r = 0,$$

il existe une déformation privilégiée correspondant à un minimum de l'énergie potentielle. Toute autre déformation du système nécessite une dépense d'énergie qui surpasse la précédente d'une quantité égale à l'énergie de la différence des deux déformations.

Soient

$$(3) \qquad F_{r+1} = 0, \quad F_{r+2} = 0, \quad \ldots, \quad F_n = 0$$

les équations qui, associées à (2), définissent l'état privilégié. Convenons de dire que, si les conditions (3) sont satisfaites, les *modifications intérieures* correspondant aux *modifications extérieures* (2) sont *entravées*. Le théorème s'énonce alors :

Si un système est assujetti à des modifications *extérieures* données, l'équilibre le plus stable est atteint par une transformation où l'on entrave les modifications *intérieures* correspondantes.

III. Le théorème précédent et les théorèmes de lord Rayleigh peuvent s'étendre du cas de la Mécanique au cas de la Thermodynamique. Il suffit de remarquer que dans ce cas l'*énergie utilisable* A joue le même rôle que l'*énergie potentielle* V.

La condition nécessaire et suffisante de l'équilibre pour un système dont toutes les transformations sont réversibles est que l'énergie utilisable A soit maximum ou minimum.

Si A est effectivement *maximum*, on peut, en suivant une marche analogue à celle de Lejeune-Dirichlet, démontrer que l'équilibre est *stable*, c'est-à-dire faire voir que le système soumis à une perturbation infiniment petite s'écarte très peu de sa première position. En particulier, on peut

trouver une limite supérieure, infiniment petite, des vitesses mécaniques $\frac{d\psi}{dt}$ et de la vitesse thermique $\frac{dQ}{dt}$.

La condition de stabilité énoncée ci-dessus demeure suffisante, d'après le principe de Carnot, s'il existe des transformations irréversibles.

IV. Les théorèmes de lord Rayleigh, étendus à un système thermodynamique, peuvent s'énoncer ainsi :

La *compressibilité* d'un système $\frac{\Delta_2 A}{\Delta p^2}$, sa *capacité calorifique* $\frac{\Delta_2 A}{\Delta T^2}$ sont *plus grandes* lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que lorsqu'on les entrave.

L'*extensibilité* d'un système $\frac{\Delta_2 A}{\Delta v^2}$, sa *capacité entropique* $\frac{\Delta_2 A}{\Delta S^2}$ sont *plus grandes* lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que lorsqu'on les entrave. Il s'ensuit que la *compressibilité*, la *capacité calorifique* sont *le plus petites* dans ces conditions.

V. On peut également étendre à tout système thermodynamique en équilibre stable deux Corollaires établis par lord Rayleigh dans le cas de la Mécanique.

A forces données (p, T, ... donnés), toute altération du système dans le sens d'une diminution d'énergie conduit à une nouvelle position d'équilibre *moins stable*.

A déplacements donnés (v, S, ... donnés), toute altération du système dans le sens d'une diminution d'énergie conduit à une nouvelle position d'équilibre *plus stable*.

VI. Si l'on décompose d'une manière arbitraire l'énergie utilisable en une somme de deux termes que nous appellerons (A) et (B), on démontre facilement la loi de réciprocité suivante :

Si l'on fixe à l'avance le travail (α) qui doit être fourni par les termes de première catégorie (A), l'équilibre le plus stable sera atteint pour une déformation où les termes (B) fourniront un travail (β).

Réciproquement, si l'on fixe (β), l'équilibre le plus stable sera obtenu en général pour une déformation où les termes de première catégorie fourniront le travail (α).

VII. Les résultats énoncés aux paragraphes II et IV peuvent être rappro-

chés de ceux qui ont été trouvés par Gouy (¹) et par Le Chatelier (²). Ils doivent être rapprochés surtout des théorèmes généraux formulés par Raveau (³).

PHYSIQUE. — *Sur les rayons cathodiques produits à l'intérieur des lampes à incandescence*. Note (⁴) de M. **L. Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

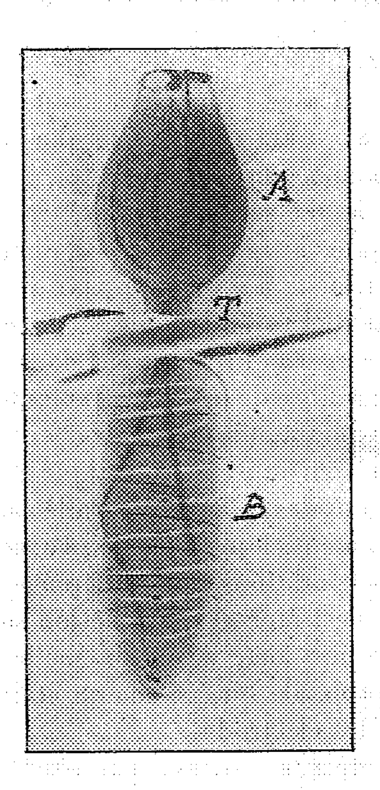
J'ai décrit, dans une Communication antérieure (⁵), quelques phénomènes produits par un filament de carbone incandescent placé dans un récipient où la pompe à vide n'a laissé subsister que des traces de mercure; ces effets, sauf l'action du champ magnétique, paraissaient attribuables à l'ionisation du mercure par les électrons émanés du filament. J'ai pu depuis, à l'aide d'un dispositif analogue à celui qui sert à reproduire les rayons canaux, obtenir un véritable pinceau de radiations qui obéit, comme les rayons cathodiques, aux lois de l'électromagnétisme.

L'ampoule A d'une lampe de 50 volts, 32 bougies, communique par un tube T, de diamètre égal à 1^{cm}, avec le récipient B long de 12^{cm} et large de 5^{cm}. Un fil de platine, enroulé en hélice (invisible sur la figure), occupe l'intérieur de T et peut être maintenu à un potentiel supérieur de V volts au potentiel moyen du filament incandescent. Dans ces conditions, et pour une valeur de V comprise entre 100 et 200 volts, on peut obtenir, après un vide très poussé, un pinceau lumineux nettement défini qui se propage à partir du tube T dans le récipient B. Il n'est plus nécessaire, comme pour les expériences antérieures, de survolter la lampe; toutefois, l'obtention du pinceau exige un réglage assez précis : il existe, en effet, deux régimes distincts, dont le plus stable correspond à une lueur diffuse qui remplit tout l'espace B, sauf le voisinage immédiat des parois, et dont l'autre donne un pinceau dirigé à travers le tube T; en réalité, il existe encore, dans ce deuxième cas, une faible lueur diffusée dans B.

Le pinceau lumineux ainsi obtenu est très sensible à l'aimant; le champ terrestre suffit à lui donner une courbure très nette; on a donc affaire à des

(¹) Gouy, *Journal de Physique*, 1889, p. 501.
(²) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 99, 1884, p. 786.
(³) C. Raveau, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 767, et *Journal de Physique*, t. VIII, 1909, p. 572.
(⁴) Présentée à la séance du 19 juin 1911.
(⁵) *Comptes rendus*, 8 mai 1911, p. 1240.

électrons projetés à l'intérieur de B sous l'action du champ électrique produit par la différence de potentiel V. La vitesse v de ces électrons, calculée par l'équation $10^8 Ve = \frac{1}{2} mv^2$, est voisine de 5000 km : s; évaluée d'après le rayon de courbure du pinceau et la valeur du champ magnétique, elle ne dépasse guère 1000 km : s. La différence entre ces deux résultats suggère l'existence, à l'intérieur de B, d'un champ électrique antagoniste, dû probablement aux électrons eux-mêmes, et qui ralentit la vitesse qu'ils avaient



acquise en arrivant dans le tube T; nous verrons tout à l'heure que l'existence de ce champ a été constatée expérimentalement.

J'ai alors essayé d'uniformiser le potentiel à l'intérieur de B en y introduisant un fil d'aluminium, enroulé en hélice contre sa paroi intérieure, et relié au fil de platine; c'est dans ces conditions qu'a été obtenue la photographie ci-dessus; le champ magnétique $H = \pm 0,92$ gauss est produit par une large bobine; on photographie sur une même plaque les deux positions du pinceau correspondant au renversement du courant dans la bobine; les rayons de courbure mesurés, sur cette photographie, ont pour

valeur $11^{cm},4$ et $22^{cm},8$ de telle sorte qu'en désignant par X la composante horizontale du champ terrestre (¹) et en prenant

$$\frac{e}{m} = 1,86 \times 10^7,$$

on a

$$v = (0,92 + X) \times 11,4 \times 1,86 \times 10^7,$$
$$v = (0,92 - X) \times 22,8 \times 1,86 \times 10^7.$$

D'où l'on tire X = 0,31 (une mesure directe au fluxmètre a donné 0,28)

$$v = 26 \times 10^7 = 2600 \text{ km : sec.}$$

Mais la vitesse v, calculée d'après la chute moyenne de potentiel V = 176 volts, atteint 8100 km : s de sorte que la suppression du champ intérieur n'a pas été obtenue par ce procédé.

D'ailleurs, en reliant à un électromètre diverses électrodes placées à l'intérieur de B, on a constaté : 1° que l'espace B prend le potentiel du filament de charbon tant que la lueur n'y pénètre pas; 2° qu'il prend, dès que la lueur y pénètre, un potentiel variable inférieur à celui du platine : on voit, d'après cela, que les électrons qui pénètrent dans B y établissent un état électrique qu'on n'est pas libre de modifier à volonté.

Cette constatation explique l'insuccès des tentatives faites en vue de dévier le pinceau par un champ électrostatique : le récipient B avait été muni de deux larges électrodes, planes et parallèles, distantes de 3^{cm}, maintenues, l'une au même potentiel que le fil de platine, l'autre à un potentiel peu différent; dans ces conditions, une différence de potentiel de 4 volts entre les deux plateaux s'est montrée sans action sur le pinceau lumineux; elle aurait dû produire une forte déviation si elle avait établi un champ uniforme, mais il est probable que ce champ était, au contraire, localisé au voisinage immédiat des électrodes.

En résumé, les effets décrits ci-dessus paraissent dus exclusivement aux électrons émanés du filament de carbone qui peuvent, ou bien être projetés dans B suivant un pinceau défini, ou bien se répandre dans tout l'espace B où ils oscillent, à la manière des molécules gazeuses, suivant des trajectoires incoordonnées, en créant un champ électrique intérieur localisé surtout au voisinage des parois; c'est pourquoi la vitesse de ces électrons incoordonnés s'abaisse, contre ces parois, au-dessous de la valeur nécessaire pour ioniser le mercure; de plus, un champ magnétique ne produit d'effet directeur que

(¹) On s'était arrangé de telle sorte que le champ H de la bobine fût parallèle à X.

sur le pinceau formé d'électrons animés de mouvements parallèles; il ne peut pas produire de déviation d'ensemble sur les électrons en mouvement incoordonné: c'est à ce dernier cas que s'appliquent les résultats de ma dernière Note.

Je signalerai, en terminant, une propriété curieuse du pinceau déviable à l'aimant, propriété très visible sur toutes les photographies : c'est une *réflexion* de ce pinceau lorsqu'il rencontre, soit la paroi de verre du récipient B soit un plateau métallique intérieur à ce récipient et relié au fil de platine T. Il ne paraît pas impossible que les électrons animés de vitesses faibles rebondissent contre les parois, alors que des électrons plus rapides, comme ceux des ampoules radiographiques, pénètrent dans la masse même du verre où ils produisent les actions chimiques que tout le monde connaît.

ÉLECTRICITÉ. — *Éclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon.* Note de M. Dussaud, présentée par M. Branly.

Je fais passer un courant d'environ 16 volts et $1^{\text{amp}},3$ à travers un fil fin de tungstène, enroulé en solénoïde, qui occupe un espace de 30^{mm^3}.

Avec ces 20 watts, *sans survoltage* (à l'inverse d'expériences précédentes) [1], j'obtiens le même éclairement pratique qu'avec environ 400 watts et des lampes à filament de charbon ; la dépense est donc rendue vingt fois moindre. J'ai utilisé cette lumière pour un éclairage usuel, soit en employant le secteur, soit en employant une petite pile.

En disposant, d'autre part, pour les projections, un système optique à foyer ultra-court devant ma source lumineuse de 30^{mm^2} qui ne l'échauffe pas sensiblement, j'obtiens avec environ 20 watts, *sans survoltage*, le même éclairage utilisable qu'avec un arc de 4000 watts qui exige des systèmes optiques à foyer beaucoup plus long; l'économie est ici de 200 fois. Cet éclairage supprime tout danger dans l'application aux cinématographes, aux projections de clichés ou corps opaques inflammables, aux préparations microscopiques vivantes les plus délicates, à l'étude de la main rendue transparente, à des phares qui peuvent être constitués par une lentille de petit diamètre, à très court foyer.

J'ajoute que, pour éviter l'affaissement de mon solénoïde incandescent,

(1) Voir *Comptes rendus*, séances du 13 mars et du 18 avril 1911.

j'ai trouvé commode de le placer dans un champ magnétique approprié; cela ne complique que très peu le dispositif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec et humide.* Note de M. A. BESSON, présentée par M. Troost.

L'effluve réagissant sur des composés hydrogénés ou sur certains systèmes renfermant des composés hydrogénés, tend à produire des condensations ou décompositions avec mise en liberté d'hydrogène; un nouvel exemple de ce mode d'action de l'effluve est fourni par la façon dont elle se comporte vis-à-vis du gaz ammoniac.

Dans une première expérience, nous avons fait passer à travers quatre tubes à effluves en quartz, placés bout à bout, un lent courant de gaz ammoniac desséché sur une longue colonne de potasse fondue; au sortir de l'appareil à effluves, le gaz traversait un réfrigérant refroidi par un mélange de glace et de sel (dans lequel il ne s'est rien condensé) puis était recueilli sur la cuve à eau où il laissait un résidu non absorbable formé d'azote et d'hydrogène. Le gaz AzH^3 avait donc été partiellement décomposé sous l'action de l'effluve en Az et H comme il l'est sous l'action de la chaleur et des étincelles électriques; la formation de produits de condensation tels que l'hydrazine pouvait n'être que trop minime pour permettre sa condensation au sein du mélange réfrigérant.

Dans les essais ultérieurs, nous avons entraîné le gaz ammoniac par un courant continu d'hydrogène pur et sec et avons absorbé les gaz absorbables soit dans une solution acide chlorhydrique ou simplement par de l'eau contenue dans un laveur à quatre éléments reproduisant un dispositif analogue aux tubes Otto pour distillation fractionnée.

Le rôle dévolu à l'hydrogène était à la fois de diluer AzH^3 et d'éviter le reflux vers les appareils à effluves de la vapeur d'eau issue du liquide absorbant; les deux parties de l'appareil étaient d'ailleurs reliées par un tube d'environ 2^m de longueur. La solution acide chlorhydrique, employée tout d'abord comme absorbante, fut abandonnée à cause de la grande quantité de chlorure d'ammonium formé; l'emploi de l'eau était justifié par la stabilité bien connue de l'hydrate d'hydrazine qui bout vers 120°. C'est dans ces conditions que fut faite une expérience qui fut poursuivie pendant une semaine sans interruption avec un débit moyen d'environ 35^l AzH^3 par 24 heures.

La solution aqueuse soumise à la distillation à la pression atmosphérique

perd d'abord beaucoup de gaz ammoniac, et son point d'ébullition s'élève progressivement jusqu'à 100°, température à laquelle elle se maintient presque jusqu'au bout de la distillation; ce n'est qu'à la fin que la température de distillation s'élève et atteint 105°; les dernières gouttes de liquide distillé possèdent des propriétés réductrices très marquées, notamment vis-à-vis de la solution de sulfate de cuivre. Cette constatation nous a conduit à admettre la formation d'une minime quantité d'hydrazine Az^2H^4 dans l'action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec dilué dans de l'hydrogène; nous aurions voulu pouvoir identifier d'une façon plus certaine le corps formé, mais la minime quantité obtenue a été un obstacle à la satisfaction de ce désir. Notamment, on pourrait objecter que le gaz réputé sec pouvait renfermer des traces d'humidité, ce qui pourrait conduire à la formation d'hydroxylamine; nous allons voir que cette objection pourrait être fondée.

En dirigeant, à travers un tube à effluves en quartz, du gaz AzH^3 et de la vapeur d'eau fournie par passage du gaz à travers un laveur à eau chauffé au bain de valvoline vers 110°, on recueille un liquide qui, distillé dans le vide pour le débarrasser du gaz AzH^3 qu'il tient en dissolution, présente une action réductrice très marquée (SO^4Cu).

La solution neutralisée par HCl et évaporée à sec laisse une quantité sensible d'un sel blanc qui présente tous les caractères du chlorhydrate d'hydroxylamine; la réaction produite sous l'action de l'effluve peut donc se formuler:

$$AzH^3 + H^2O = 2H + AzH^2.OH.$$

Nous pensions que la formation d'hydroxylamine pourrait également s'observer dans l'action de l'effluve sur un mélange d'oxygène et d'un excès de gaz AzH^3, la formation d'eau dans cette réaction devant réaliser au moins partiellement les conditions de l'expérience précédente; il n'en est rien.

Tout d'abord, il convient de prendre quelques précautions dans l'adduction du mélange des gaz AzH^3 et O à l'appareil à effluves, afin d'éviter que de petites explosions qui prennent leur origine dans le tube à effluves se transmettent dans les parties antérieures de l'appareil; nous y sommes parvenu en amenant le mélange gazeux par un tube assez fin dont l'orifice était coiffé d'une toile métallique en platine afin d'empêcher la propagation de l'onde explosive ([1]).

([1]) Malgré les précautions prises, une dernière expérience, dans laquelle on employait un excès d'oxygène, fut interrompue au bout de plusieurs heures de marche par une violente explosion qui détruisit le tube à effluves et les appareils de conden-

Le liquide aqueux condensé ne présente pas les réactions réductrices caractéristiques de l'hydroxylamine, même en opérant en présence d'un excès de gaz AzH^3; par contre, il renferme en notable proportion, surtout quand on opère en présence d'une quantité suffisante d'oxygène, des azotite et azotate d'ammonium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un mode de contrôle optique des analyses magnétochimiques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. E. Bouty.

Drude ([1]), dans sa théorie électronique de la lumière, a donné à la formule de dispersion de Ketteler-Helmholtz la forme

$$n^2 = 1 + \frac{1}{\pi}\sum_1^p \frac{\mathfrak{N}_i e_i^2}{m_i\left(\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_i^2}\right)},$$

où $\mathfrak{N}_i$ représente le nombre par centimètre cube de centres de masse m_i portant la charge e_i et capables d'absorber par résonance les radiations de longueur d'onde λ_i.

Si on localise l'emploi de cette formule aux régions du spectre éloignées de l'infrarouge, on peut lui donner l'expression plus simple

$$n^2 = 1 - k\lambda^2 - \frac{e^2}{\pi m}\sum_1^{p'} \frac{\mathfrak{N}_i}{\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_i^2}},$$

dans laquelle la somme s'étend aux p' électrons produisant par résonance l'absorption dans l'ultraviolet.

Si l'on pose alors $r = n^2 - 1 + k\lambda^2$ et si l'on appelle M et d les masses moléculaire et spécifique du corps d'indice n, on peut calculer une limite inférieure N très approchée du nombre p' d'électrons influençant l'indice, grâce à la formule

$$N = 1841 . 10^{-14}\frac{M}{d}\frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}\left(\frac{1}{\lambda_1^2} - \frac{1}{\lambda_2^2}\right),$$

sation qui se trouvaient à sa suite, tout en respectant la partie antérieure de l'appareil protégée par la toile métallique en platine; dès lors, il me semble que cet accident eût été évité en munissant également d'une toile métallique l'orifice de sortie du tube à effluves.

([1]) Drude, *Ann. der Physik*, t. 14, 1904, p. 677.

λ_1 et λ_2 étant deux longueurs d'onde particulières pour lesquelles on a mesuré l'indice, par exemple celles des raies F et H_γ.

Chose remarquable, ce nombre N est souvent très voisin de la somme V des valences des atomes constituant la molécule, au moins dans les cas simples. — Quand l'écart $\Delta = V - N$ est différent de zéro, sa valeur, comme je le montrerai ailleurs, est liée de façon régulière aux particularités constitutives et fonctionnelles de la molécule, et cette régularité rend très fructueuses les comparaisons des Δ observés dans une même série homologue ou dans une famille de corps de même type.

D'un autre côté, il existe certainement un lien étroit entre la structure électronique de l'atome et ses propriétés diamagnétiques, comme aussi une relation certaine entre la valence (1) et ces mêmes propriétés diamagnétiques. C'est ce qui m'a amené à chercher un moyen de contrôle des analyses magnétochimiques par des mesures de dispersion.

Le Tableau abrégé qui suit donne certains résultats calculés par Drude et complétés par une série de mesures (marquées P) que j'ai spécialement effectuées :

	Δ.		Δ.
Hexane C^6H^{14} (P)	13	Iodure de méthyle CH^3I	1
Hexène 2 C^6H^{12} (P)	20	Iodure de méthylène CH^2I^2	— 1
Cyclohexane C^6H^{12} (P)	21	Chloroforme $CHCl^3$	— 5
Cyclohexène C^6H^{10} (P)	24	Bromoforme $CHBr^3$	— 4
(Diallyle C^6H^{10} (P)	18)	Chlorure de carbone CCl^4	— 8
Benzène C^6H^6	20	Chlorure d'éthylène $C^2H^4Cl^2$	1
Octène 2 C^8H^{16} (P)	19	Chl. d'éthylidène CH^3CHCl^2	0
Diméthylhexadiène 24 C^8H^{14} (P)	32	Aldéhyde CH^3CHO	5
(Octine 1 C^8H^{14} (P)	9)	Chloral CCl^3CHO	— 2
Décane $C^{10}H^{22}$ (P)	19	Benzène C^6H^6	20
Décylène 2 $C^{10}H^{20}$ (P)	29	Fluobenzène C^6H^5F	20
Naphtalène $C^{10}H^8$	35	Chlorobenzène C^6H^5Cl	18
		Bromobenzène C^6H^5Br	17
		Iodobenzène C^6H^5I	18

Comme à un nombre croissant de valences optiquement apparentes correspond une suite de valeurs décroissantes de Δ, on peut faire les rapprochements suivants :

(1) PASCAL, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 862 et 1010.

I. La formation d'une liaison éthylénique ou la cyclisation d'une chaîne grasse diminuent notablement le nombre d'électrons influençant l'indice. Deux liaisons éthyléniques provoquent une diminution encore plus marquée de ce nombre. La non-saturation se traduirait donc par l'introduction de forces de liaisons entre électrons, réduisant la période de vibration propre de certains d'entre eux, et par suite leur influence sur la valeur de l'indice dans le spectre visible.	I. La formation d'une liaison éthylénique ou la cyclisation d'une chaîne grasse provoquent une diminution très forte du diamagnétisme, qui va s'accentuant quand croît le nombre des liaisons multiples. Si l'on ne veut pas expliquer cette dépréciation du diamagnétisme par l'introduction d'éléments de symétrie donnant à certains groupements d'électrons un moment magnétique différent de zéro, on doit admettre aussi l'introduction de forces de liaisons nouvelles, corrélatives de la non-saturation.
II. Dans la série allylique, le rôle des liaisons éthyléniques est assez effacé au point de vue optique, et dans la série acétylénique, la triple liaison joue un rôle perturbateur beaucoup moins marqué qu'une liaison éthylénique.	II. Dans la série allylique, comme dans la série acétylénique, la dépréciation du diamagnétisme produite par les liaisons multiples est, sinon nulle, du moins peu sensible dans la plupart des cas (recherches inédites).
III. La diminution du nombre d'électrons optiquement actifs dans les dérivés aromatiques est bien inférieure à celle qui résulterait de l'adoption des formules à liaisons éthyléniques de Kékulé.	III. Au point de vue magnétique, il n'existe pas de doubles liaisons dans les carbures nucléaires, pas plus que dans leurs dérivés substitués.
IV. Les halogènes, sauf le fluor, relèvent toujours le nombre d'électrons actifs, et d'environ deux unités par chaque atome d'halogène. Cet effet est surtout marqué quand les halogènes sont groupés autour d'un même atome central. Conformément aux idées de Drude, il y aurait alors apparition nette des deux valences supplémentaires, qu'on admet de plus en plus dans les halogènes.	IV. Sauf pour le fluor, dont les propriétés magnétiques gardent en général une constance parfaite, il y a toujours abaissement du diamagnétisme, quand les halogènes sont groupés autour d'un même atome central. On l'explique aisément par la production de liaisons multiples, provenant de la saturation mutuelle des valences supplémentaires, que le champ magnétique met ainsi en évidence.

Même en bornant ici les rapprochements, il apparaît comme démontré que l'étude de la dispersion permet de vérifier qualitativement les résultats de l'analyse magnétochimique, et justifie les explications que j'ai données jusqu'ici des exceptions nombreuses, mais régulières, aux lois d'additivité.

J'ajouterai, sans y insister aujourd'hui, que ces comparaisons fournissent quelques renseignements utiles sur le nombre et le rôle respectif des électrons constituant l'atome, connaissance vers laquelle nous orientait déjà l'analyse magnétochimique des dérivés halogénés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification catalytique, par voie humide, des acides aromatiques.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. G. Lemoine.

Le procédé catalytique d'éthérification dont nous avons parlé pour les mélanges d'alcools et d'acides forméniques [1] a été appliqué aux mélanges d'alcools et d'acides aromatiques, avec cette différence qu'au lieu de molécules égales, nous avons forcé la dose d'alcool dont nous avons employé 1^{mol} pour $0^{mol},5$ d'acide afin de mieux dissoudre ce dernier.

Dans ces conditions, l'acide *benzoïque* ($0^{mol},5 = 61^{g}$) et l'alcool éthylique à 95° ($1^{mol} = 60^{cm^3}$), additionnés de 5^{cm^3} d'acide sulfurique et mis à bouillir dans un ballon communiquant avec un réfrigérant ascendant, ont fourni, après 3 heures d'ébullition, une quantité d'éther benzoïque correspondant aux 41 pour 100 de la théorie.

Avec 10^{cm^3} d'acide sulfurique, un mélange identique d'acide benzoïque et d'alcool n'a pas tardé à se séparer en deux couches (éther et eau), et, après 40 minutes d'ébullition, nous avons recueilli, en benzoate d'éthyle, les 75,5 pour 100 de la théorie.

Enfin avec 15^{cm^3} de SO^4H^2 pour le même mélange, il a suffi de 20 minutes d'ébullition pour obtenir en éther les 82 pour 100 du rendement théorique.

Ici donc, contrairement à ce qui se passe avec les acides forméniques, la proportion d'éther et la rapidité de sa formation augmentent avec la dose d'acide sulfurique. Celui-ci, par conséquent, n'agit plus simplement à la façon d'un catalyseur, et l'on est amené à trouver, avec Berthelot, dans ses combinaisons hydratées, la cause principale de son action. S'il en est ainsi, un catalyseur qui a peu d'affinité pour l'eau ne produira que de faibles quantités de benzoate d'éthyle. C'est le cas du bisulfate de potassium et du sulfate hydraté d'alumine. Le mélange d'acide benzoïque ($0^{mol},5$) et d'alcool à 95° (1^{mol}), mis à bouillir durant 3 heures avec 25^{g} de bisulfate de potassium, n'a donné lieu qu'à une très faible éthérification, car l'acide benzoïque s'est solidifié en masse par le refroidissement. Ce n'est qu'après

(1) J.-B. Senderens et J. Aboulenc, *Comptes rendus*, t. 152, 12 juin 1911.

avoir bouilli encore pendant 4 heures que les deux couches ont nettement apparu et que le mélange refroidi s'est conservé liquide. Il renfermait, en éther benzoïque, les 30 pour 100 de la théorie. Bien que très faible, l'influence catalytique du bisulfate de potassium paraît cependant s'exercer, car, après le même temps d'ébullition en présence de 35g de sulfate hydraté d'alumine, le mélange alcool-acide s'est solidifié en entier en se refroidissant.

Avec le sulfate d'alumine anhydre, au contraire, on obtient, après 7 heures d'ébullition du mélange, en présence de 25g de ce sel, les 59 pour 100 du rendement théorique en benzoate d'éthyle, ce qui semble ne pouvoir s'expliquer que par la formation d'un hydrate, étant donnée l'inactivité du sulfate d'alumine lorsqu'il est déjà hydraté.

On pouvait supposer que, dans leur éthérification, les homologues de l'acide benzoïque se comporteraient comme lui vis-à-vis des mêmes catalyseurs; que l'acide phénylacétique, par exemple, opposé à l'alcool éthylique, s'éthérifierait mal avec le bisulfate de potassium ou le sulfate anhydre d'alumine, et qu'avec l'acide sulfurique il réclamerait une quantité assez importante de cet acide.

Il n'en est pas ainsi.

L'acide *phénylacétique*, $C^6H^5 - CH^2.CO^2H$, se comporte dans son éthérification, non pas comme l'acide benzoïque, mais comme l'acide acétique. Avec 2^{cm^3} d'acide sulfurique pour un mélange d'acide phénylacétique ($0^{mol},5$) et d'alcool à 95° (1^{mol}), chauffé dans un ballon communiquant avec un réfrigérant ascendant, on voit, après quelques minutes d'ébullition, le liquide se séparer en deux couches, et l'on obtient, en phénylacétate d'éthyle, les 88 pour 100 de la théorie, qui se réduisent à 76,5 pour 100 avec le bisulfate de potassium (10^g) et à 60,5 pour 100 avec le sulfate d'alumine anhydre (10^g).

L'acide *phénylpropionique*, $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO^2H$, se comporte comme l'acide phénylacétique et fournit dans les mêmes conditions, en phénylpropionate d'éthyle, les 92 pour 100 du rendement théorique.

Au contraire, les acides *toluiques* $C^6H^4\begin{smallmatrix}/CH^3\\ \backslash CO^2H\end{smallmatrix}$ rentrent dans le cas de l'acide benzoïque. Dans un mélange d'acide *o.-toluique* ($0^{mol},5$) et d'alcool éthylique à 95° (1^{mol}), 5^{cm^3} d'acide sulfurique ne produisent, après 4 heures d'ébullition, que 40 pour 100 d'*o*.-toluate d'éthyle par rapport au rendement théorique, tandis qu'avec 20^{cm^3} de SO^4H^2 on obtient, après 1 heure d'ébullition, une quantité de cet éther correspondant aux 80 pour 100 de la théorie.

De même, avec l'acide *salicylique* $C^6H^4\begin{smallmatrix}/OH\\ \backslash CO^2H\end{smallmatrix}$ ($0^{mol},5$) et l'alcool à 95° (1^{mol}), il faut employer 20^{cm^3} d'acide sulfurique pour avoir, après 1 heure d'ébullition, en salicylate d'éthyle, les 85 pour 100 du rendement théorique.

Pour l'acide salicylique et les acides toluiques, comme pour l'acide benzoïque, le bisulfate de potassium ne donne que des rendements médiocres.

Il résulte de ces recherches qu'au point de vue de l'influence qu'exercent sur leur éthérification l'acide sulfurique, le sulfate d'alumine et le bisulfate de potassium, les acides aromatiques se divisent en deux classes :

1° Pour ceux dont le carboxyle est rattaché directement au noyau benzénique, tels que les acides benzoïque, toluiques, salicylique; c'est principalement la formation d'hydrates qui favorise l'éthérification.

2° Pour ceux, au contraire, dont le carboxyle est séparé du noyau aromatique par des chaînons forméniques, tels que les acides phénylacétique, phénylpropionique, la production de ces hydrates n'entre guère en ligne de compte, et c'est dans les combinaisons temporaires que forment avec l'alcool les corps précités, jouant le rôle de catalyseurs, qu'il faut chercher l'influence qu'ils exercent sur l'éthérification de cette seconde classe d'acides aromatiques, d'après le mécanisme qui a été développé pour les acides gras.

Il peut être intéressant de rappeler que, dans la préparation catalytique des cétones par les acides aromatiques, l'un de nous avait été conduit à établir, entre ces acides, la même distinction [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la diffusion des matières salines à travers certains organes végétaux.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

La question de l'excrétion des matières salines par la plante vivante à laquelle j'ai essayé d'apporter quelques contributions (*Comptes rendus*, t. 151, p. 1378; t. 152, p. 777 et 965) est, en réalité, extrêmement complexe. Pour plusieurs auteurs, ainsi que je le rappelais dans une de mes Notes, le lavage des feuilles par l'eau de pluie, dès l'époque où ces feuilles commencent à jaunir et à se dessécher, ne serait pas étranger, en partie au moins, à cette élimination de matière saline, tout en réservant la possibilité d'une véritable excrétion de certains sels par les racines, les sels de potassium principalement.

Dans le même ordre d'idées, je me suis demandé quelle était la fraction

[1] J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 150, p. 704.

des matières minérales capables de dialyser au travers des membranes de certains organes, lorsqu'on plongeait ces organes dans de l'eau pure, additionnée d'un peu de formol pour prévenir toute putréfaction, et lorsqu'on les y abandonnait pendant plusieurs mois.

Dans un organe végétal qui reste longtemps immergé dans l'eau et dont les cellules, surtout en présence d'un antiseptique, perdent assez rapidement leur vitalité (turgescence), il se produit des phénomènes d'hydrolyse qui modifient peu à peu la nature des combinaisons que contracte la matière organique avec la matière minérale (¹).

I. J'ai d'abord étudié le problème sous un de ses aspects les plus simples, en cherchant avec quelle rapidité le sel marin (ou plutôt le chlore) s'éliminait d'un organe tel que le tubercule de pomme de terre, lequel en contient toujours normalement une certaine quantité. J'ai supposé que le chlore était uniquement combiné au sodium; les tubercules de pomme de terre renferment généralement une proportion de sodium supérieure à celle qui suffirait à saturer le chlore. J'ai comparé cette élimination avec celle du sel marin introduit artificiellement dans des organes semblables plongés au préalable pendant un mois dans une solution assez concentrée de ce sel, puis immergés dans de l'eau distillée. On admet que, dans l'organisme végétal, le chlore ne se rencontre que sous la forme de chlorures minéraux et qu'il n'entre pas dans la constitution de complexes organiques, comme le font le soufre et le phosphore. Il s'agit donc ici de l'élimination d'un sel purement inorganique. Les expériences ont été faites à la température ordinaire.

Un poids de 722^g,2 de pommes de terre fraîches (représentant 162^g,77 de matière séchée à 110°) a été immergé dans l'eau distillée le 10 novembre 1909. A chacune des dates ci-dessous, on enlevait la totalité du liquide et l'on y dosait le chlore; on remplaçait l'eau enlevée par de l'eau distillée nouvelle. Voici comment s'est produite l'élimination du chlore calculé en NaCl, aux différentes époques indiquées :

	NaCl.		NaCl.
	g		g
10 décembre 1909	0,2808	15 mars 1910	0,0666
10 janvier 1910	0,1960	2 mai	0,0424
10 février	0,1048	20 juin	0,0260
		Total	0,7166

(¹) Les expériences que E. Poppe a publiées récemment (*Bull. Soc. chim. de Belgique*, t. XXV, 1911, p. 136) portent sur l'immersion de graines de pois dans l'eau ou dans des solutions salines, pendant 24 heures seulement, à la température ordinaire.

On peut admettre que, lors du dernier prélèvement, le sel marin contenu dans les tubercules avait diffusé en presque totalité dans le liquide extérieur. D'ailleurs, les pommes de terre séchées, broyées et analysées après expérience n'en contenaient plus que $0^g,0110$. A l'état frais, les tubercules renfermaient $722^g,2 - 162^g,77 = 559^g,43$ d'eau et $0^g,7166 + 0^g,0110 = 0^g,7276$ de sel marin. La concentration saline était donc égale à $\frac{1}{769}$. Cette élimination a duré 222 jours ; elle est assez rapide au début puisque, dans l'espace du premier mois, les tubercules ont perdu environ 40 pour 100 du sel qu'ils contenaient. Cette exosmose se ralentit beaucoup par la suite.

II. Des pommes de terre entières, semblables aux précédentes (poids frais $= 715^g,9$, séchées à $110° = 160^g,86$), ont été immergées le 10 novembre 1909, dans une solution de sel marin, contenant $34^g,972$ de ce sel dans 1100^{cm^3} d'eau. Au bout d'un mois (10 décembre), on a retrouvé dans le liquide extérieur $28^g,446$ de sel; les tubercules avaient donc emprunté à la solution $6^g,526$ NaCl. Si l'on suppose que ces tubercules contenaient à l'état naturel autant de sel marin que ceux qui ont servi à la première expérience, soit $0^g,7212$ NaCl (pour $715^g,9$ de matière fraîche), ils renfermaient, le 10 décembre, $6^g,5260 + 0^g,7212 = 7^g,2472$ NaCl. A cette dernière date, on a immergé les tubercules dans l'eau distillée et, aux dates ci-dessous désignées, on a enlevé, comme dans le premier cas, la totalité du liquide dans lequel on a dosé le chlore; on a remplacé cette eau par de l'eau distillée. Les éliminations successives de sel marin se sont effectuées de la façon suivante :

	NaCl.		NaCl.
	g		g
10 janvier 1910	3,7922	17 août 1910	0,1761
10 février	1,5320	15 octobre	0,1328
15 mars	0,7404	15 décembre	0,0532
2 mai	0,4591	28 janvier 1911	0,0263
20 juin	0,3083	31 mars	0,0249
		Total	7,2453

Les pommes de terre séchées, broyées et analysées après expérience ne renfermaient plus que $0^g,0303$ NaCl. On retrouve donc très sensiblement dans les éliminations successives, entre le 10 janvier 1910 et le 31 mars 1911, la quantité de sel marin qui existait dans les tubercules le 10 décembre 1909. Pendant le premier mois d'immersion dans l'eau, les tubercules ont perdu 52 pour 100 du sel qu'ils renfermaient. La concentration en sel marin était environ dix fois plus considérable $\left(\frac{\text{NaCl}}{\text{eau}} = \frac{1}{76}\right)$ dans les tubercules après leur immersion au sein de la solution salée, le 10 décembre 1909, que dans les tubercules naturels. Dans la solution extérieure, à cette même époque, il y avait $28^g,4460$ de sel dans 1100^{cm^3} de liquide, soit une concentration de $\frac{1}{38}$; l'équilibre osmotique n'était donc pas encore atteint, sous le rapport de NaCl, entre le liquide intérieur des tubercules et le liquide extérieur qui les baignait.

III. Il résulte de ces expériences que l'exosmose totale au travers des

tubercules d'un sel soluble, ne contractant pas de combinaison avec la matière organique, est lente. Une des principales raisons de cette lenteur doit être mise sur le compte du volume de l'organe et de la difficulté qu'éprouvent les liquides à cheminer de cellule en cellule. Mais, au bout d'un temps suffisamment long, l'élimination du sel peut être considérée comme étant totale.

AGRONOMIE. — *Sur l'adhérence des bouillies insecticides à l'arséniate de plomb.* Note de MM. **H. Astruc**, **A. Couvergne** et **J. Mahoux**, présentée par M. A. Müntz.

En raison de la généralisation des traitements insecticides de la vigne par l'arséniate de plomb, nous avons jugé utile de déterminer, à la station œnologique du Gard, le degré d'adhérence des nouvelles bouillies utilisées par les viticulteurs.

De plus, la toxicité élevée des composés arsénicaux oblige à simplifier au maximum leur manipulation et incite à utiliser les bouillies arsénicales toutes prêtes, pâteuses ou pulvérulentes, qu'on commence à mettre dans le commerce. Or, des essais antérieurs ont montré que les bouillies cupriques perdent tout ou grande partie de leur adhérence, quand le précipité cuivrique, qui en est l'élément actif, n'est pas d'une préparation extemporanée. Il importait, vu les intérêts désormais engagés, d'expérimenter au même point de vue l'influence de l'âge sur ces bouillies arsénicales.

A cet effet, nous avons préparé 20, 15, 10, 5, 3, 2, 1 et 0 jour à l'avance des bouillies concentrées, ou même complètement desséchées, à 200^{g} d'arséniate de soude anhydre et 600^{g} d'acétate de plomb cristallisé par hectolitre. Puis, nous les avons délayées et réparties avec un pulvérisateur horticole Vermorel, en imitant du mieux l'opération courante de la grande culture; d'abord sur plaques de verre (16^{dm^2}) pour juger de l'adhérence réelle, en dehors de toute réaction chimique ou biologique du substratum, et ensuite sur feuilles adultes de divers végétaux. Enfin, nous avons sectionné en deux parts plaques et limbes de feuilles, de façon à les échantillonner du mieux possible et à nous mettre tant qu'il se pourrait à l'abri des erreurs de manipulation. La moitié des surfaces pulvérisées était ensuite soumise, après dessiccation de 24 heures, à une pluie assez violente (10^{l} de liquide en une demi-heure), les surfaces étant inclinées de 15° à 20° sur l'horizontale, afin de simuler le lavage et le ruissellement naturels par grandes pluies.

L'arsenic resté adhérent aux surfaces lavées et non lavées, correspondant aux mêmes bouillies, a été enfin dissous par un traitement approprié, puis dosé (méthode de Barnes convenablement adaptée et préalablement éprouvée).

Les expériences ont été faites en plusieurs fois, sur plaques de verre, feuilles de rosier et de laurier-sauce, en attendant le développement des feuilles de la vigne. Elles ont aussi porté sur l'arséniate de zinc, précipité volumineux et gélatineux, récemment proposé pour remplacer celui de plomb (¹).

Pour simplifier, nous donnerons seulement les derniers chiffres obtenus, sur grandes plaques de verre et sur feuilles de *vigne*, lesquels sont du même ordre que tous ceux préalablement enregistrés et se trouvent plus suggestifs encore :

Age des bouillies (en jours depuis leur préparation).	Arsenic dosé sur plaques de verre			Arsenic dosé sur feuilles de vigne		
	avant le lavage à l'eau.	après le lavage à l'eau.	après le lavage et p. 100 de l'arsenic répandu.	avant le lavage à l'eau.	après le lavage à l'eau.	après le lavage et p. 100 de l'arsenic répandu.
	mg	mg		mg	mg	
20........	4,77	2,29	48	3,53	2,36	66,8
15........	2,93	2,93	100	3,56	2,40	67,4
10........	2,85	2,29	80,4	3,49	2,03	58
5........	2,62	2,62	100	2,77	2,77	100
3........	3,56	4,30	92,7	2,93	2,66	90,8
2........	3,00	3,00	100	3,04	3,04	100
1........	2,78	2,44	87,7	3,19	2,74	85,8
0........	3,56	3,49	98	3,60	3,19	88,6
Poudre (²).	2,36	1,72	73	1,95	1,50	76,9

Conclusions. — De ces chiffres (3ᵉ colonne) on peut, croyons-nous, conclure que :

1° L'*adhérence* de l'arséniate de plomb est généralement élevée, au moins autant sur verre que sur épiderme végétal. C'est donc là une propriété spéciale à ce précipité.

2° L'*âge* de la bouillie ne paraît pas en rapport bien net avec l'adhérence sur verre; il n'influence que légèrement cette adhérence sur vigne.

On peut dire que les bouillies qui n'ont pas plus de 5 jours de préparation sont à peu près équivalentes comme adhérence sur vigne, et qu'en les pré-

---

(¹) Ce composé donna une adhérence constante de 50 pour 100 sur verre et 88 pour 100 sur vigne, qu'il ait été préparé 10 jours à l'avance ou extemporanément.

(²) Cette poudre fut préparée 10 jours à l'avance par simple dessiccation à l'air du précipité d'arséniate triplombique lavé, puis broyage et délayage au moment de l'emploi.

parant plus longtemps (10 à 20 jours) à l'avance on peut perdre environ le quart de cette propriété.

3° Le *produit pulvérulent*, finement broyé et délayé au moment de l'usage, quoique d'un aspect lourd et se déposant rapidement, a présenté les trois quarts de l'adhérence maximum.

L'examen microscopique de toutes ces bouillies n'indiqua qu'une très faible tendance à l'agglomération des particules et à leur grossissement dans les précipités les plus âgés.

ANTHROPOLOGIE. — *De l'identification par les empreintes digitales.* Note de M. V. **Balthazard**, présentée par M. Ch. Bouchard.

Les particularités que l'on peut relever dans une empreinte digitale, et qui sont utilisables pour l'identification, sont constituées par les arrêts et les bifurcations des crêtes papillaires. En réalité, quand l'empreinte est orientée, les arrêts et les bifurcations sont dirigés autour du point central ou du Δ, soit dans le sens des aiguilles d'une montre, soit en sens inverse, si bien qu'on doit envisager quatre signes distincts.

Il y aurait également à considérer les interruptions de sillons, les points isolés, les îlots, etc.; mais, outre que ces signes sont exceptionnels dans une empreinte, ils peuvent toujours être ramenés aux précédents.

L'examen de nombreuses empreintes nous a montré qu'il existe en moyenne cent particularités sur chacune d'elles. Si nous divisons la surface de l'empreinte en cent carrés, nous constatons que chaque carré contient une particularité, rarement deux, exceptionnellement trois ou zéro.

1. *Le nombre des empreintes digitales différentes est égal au nombre des arrangements avec répétition de quatre objets* 100 *à* 100, *soit* A_4^{100} *ou* 4^{100}. — Deux empreintes digitales diffèrent, en effet, soit par la nature des signes qu'elles renferment, soit par la situation de ces signes dans les 100 carrés. Le nombre des empreintes digitales distinctes est donc égal au nombre des arrangements avec répétition de quatre objets 100 à 100, soit 4^{100}. Cette valeur est représentée approximativement par un nombre de 61 chiffres (1 suivi de 60 zéros).

Or, le nombre des êtres humains qui vivent à la surface du globe est de 1500000000; la durée moyenne d'une génération est d'un tiers de siècle; par suite on peut évaluer à 5000000000 le nombre des hommes par siècle.

Chaque homme ayant dix empreintes digitales, on pourrait recueillir 50000000000 d'empreintes digitales par siècle.

Il faudrait donc un nombre de siècles représenté par 49 chiffres (2 suivi de 48 zéros) pour qu'on ait chance de retrouver deux empreintes identiques. Cette durée est très supérieure à celle que les astronomes assignent au refroidissement du Soleil et à la vie de l'humanité.

2. *Dix-sept coïncidences sont suffisantes en pratique pour identifier deux empreintes digitales.* — Supposons qu'il existe n coïncidences entre deux empreintes digitales.

Si nous prenons l'un des arrangements qui présentent les n coïncidences, on obtiendra en disposant les quatre signes dans les $100 - n$ carrés restants, tous les arrangements qui renferment les n coïncidences; leur nombre sera égal à celui des arrangements avec répétition de quatre objets $100 - n$ à $100 - n$, soit 4^{100-n}.

Nous avons donc chance de rencontrer une empreinte présentant les n coïncidences sur un nombre d'empreintes examinées égal à $\frac{A_4^{100-n}}{A_4^{100}}$ ou $\frac{1}{4^{100-n}}$.

Effectuant le calcul, nous voyons que pour avoir chance de retrouver une empreinte présentant :

			Empreintes.
2 coïncidences, qu'il faut examiner		....	16
3	»	»	64
4	»	»	256
5	»	»	1024
6	»	»	4096
7	»	»	16384
8	»	»	65536
9	»	»	262144
10	»	»	1048576
11	»	»	4194304
12	»	»	16777216
13	»	»	67108864
14	»	»	248435456
15	»	»	1073741824
16	»	»	4294967296
17	»	»	17179869184

Le nombre des habitants du globe étant de 1500000000, celui des empreintes est de 15000000000.

Si donc on a relevé dix-sept coïncidences entre une empreinte examinée et celle d'un individu quelconque, il n'y a aucune chance de retrouver un

autre individu dont une empreinte digitale présenterait les mêmes coïncidences.

Dans les recherches médico-légales, le nombre des coïncidences peut être abaissé à 12 ou à 11, si l'on est certain que le criminel n'est pas un habitant quelconque du globe, mais un Européen, un Français, l'habitant d'une ville ou d'un village, etc.

Le calcul que nous venons d'indiquer permet en tout cas de préciser la valeur de la charge apportée contre l'accusé, puisqu'il indique que les particularités relevées sur l'empreinte n'ont chance d'être rencontrées qu'une fois sur tant d'individus. Dès que l'on a trouvé dix-sept coïncidences, la certitude dans l'identification est complète.

Bertillon a pu cependant observer dans un cas plus de 30 coïncidences sur deux empreintes provenant de deux individus différents : mais une cause était venue contrecarrer les lois du hasard, car les deux individus étaient frères jumeaux.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure des degrés de strabisme au moyen du stéréoscope à coulisses.* Note de M. **Léon Pigeon**, présentée par M. Villard.

Si l'on admet que le strabisme soit essentiellement un désaccord entre l'accommodation et la convergence, il est utile, pour le mesurer, de représenter numériquement ces deux fonctions, et de faire, pour ce qui les concerne, des mesures simples et précises.

L'unité adoptée pour mesurer la convergence doit être en harmonie avec celle choisie pour l'accommodation. Cette dernière unité, adoptée partout, est la dioptrie.

Si donc, l'œil visant à des distances respectivement égales à

$$\infty, \qquad 4^{m}, \qquad 1^{m}, \qquad \frac{1^{m}}{3},$$

on représente l'accommodation par les inverses de ces longueurs, soit

$$0, \qquad \frac{1}{4}, \qquad 1, \qquad 3 \text{ dioptries},$$

il est bien naturel de représenter, de même, l'état de la convergence par

$$0, \qquad \frac{1}{4}, \qquad 1, \qquad 3 \text{ unités de convergence},$$

lorsque l'intersection des lignes de visée se fait aux mêmes distances, comptées à partir de la ligne des yeux.

Cette notation numérique est admise depuis longtemps. Mais le nom d'*angle métrique*, donné à l'unité de convergence, semble imparfait à certains égards. En effet, lorsque deux observateurs distincts, ayant des bases interoculaires différentes, visent un point à la même distance finie, les angles formés par les lignes de visée étant manifestement inégaux, il n'est pas sans inconvénient de les représenter par le même nombre d'*angles métriques*.

Je propose, pour l'unité de convergence, le nom de *convergie*, et, pour sa notation abrégée, son initiale *c*. La notation $+n^c$ représentera donc l'état de convergence des yeux lorsque l'observateur fait converger ses lignes de visée à $\frac{1}{n}$ mètres devant lui, et ceci quelle que soit la longueur de sa base interoculaire.

Des valeurs négatives représentent des lignes de visée se coupant en arrière de la ligne des yeux, c'est-à-dire un état de divergence : on peut adopter pour ces unités négatives le nom de *divergies*.

On voit que, dans la vision naturelle, pour le cas le plus simple, la convergence et l'accommodation étant représentées respectivement par les mêmes nombres de convergies et de dioptries, la différence de ces nombres est nulle.

Pour le strabisme convergent, la différence algébrique entre les convergies et les dioptries est positive, tandis que cette même différence est négative pour le strabisme divergent.

Le stéréoscope à coulisses permet une mesure facile, en convergies, de l'état de convergence; ceci par l'emploi d'une graduation simple. Voici comment :

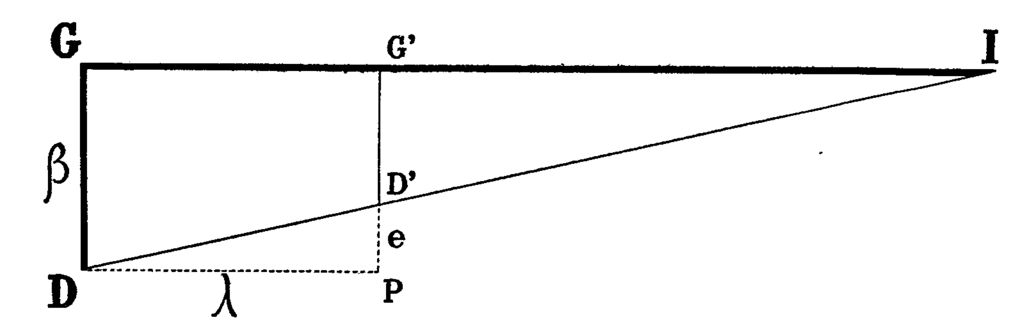
Dans la figure ci-après, qui représente schématiquement le stéréoscope à coulisses (en G et D, les yeux; en GG', DD', les lignes de visée dont la première est fixe; en I, leur intersection; en DP, la position de parallélisme), on a en posant $GI = L$, $GD = \beta$, $DP = \lambda$, $PD' = e$ (toutes ces longueurs évaluées en mètres), la relation fondamentale

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{e}{\beta}, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{1}{L} = \frac{e}{\beta\lambda}.$$

La convergence, mesurée en convergies, est donc proportionnelle au déplacement *e*, ou PD'. Sur l'échelle de mesure, les convergies sont ainsi représentées par des traits équidistants : le zéro de l'échelle est au point P; il correspond à la position de parallélisme des lignes de visée.

Le zéro de la graduation étant ainsi défini, on trouve facilement un autre point remarquable. En effet, lorsque les points visés, G′ et D′, viennent à coïncider, l'intersection des lignes de visée se faisant à une distance λ, la valeur $\frac{1}{\lambda}$ convergies représente l'état de la convergence. Si λ est, par exemple, $\frac{1}{3}$ de mètre, cette position correspond à 3 convergies.

La *position de coïncidence*, aussi facile à contrôler qu'à définir, est la même pour



tous les observateurs. Au contraire, la *position de parallélisme*, et aussi la position donnant un certain nombre de convergies, correspondent à des segments G′P ou G′D′, variables avec les observateurs, et d'autant plus grands que la base interoculaire de ces observateurs est plus grande.

D'après cela, on n'aura de mesures bien précises qu'en faisant emploi, pour chaque observateur, de l'échelle qui lui convient. Il est commode d'établir ces diverses échelles sur les génératrices d'un même cylindre. Les traits de chaque échelle donnant la *position de coïncidence* sont alignés sur le cercle de base de ce cylindre; les traits donnant la position de parallélisme, ou un même nombre de convergies ou de divergies, sont alignés sur des hélices.

La distance λ, ou GG′, comprise entre la ligne des yeux et le plan des épreuves, est la constante instrumentale fixant l'accommodation. Si l'on veut assigner à l'accommodation une valeur différente, on peut, ou bien interposer devant les yeux des verres correcteurs, ou bien employer un autre stéréoscope construit avec une autre valeur de λ.

Le stéréoscope à coulisses, muni de cette échelle des convergies, permet ainsi d'exercer, indépendamment l'une de l'autre, la fonction de convergence et celle d'accommodation, comme on l'a vu dans une Note antérieure; il permet encore de fixer leurs limites, en les notant numériquement, d'étudier leurs différences algébriques, et de voir comment ces valeurs numériques se modifient au cours d'un traitement de strabisme.

MÉDECINE. — *Rôle du mercure et de quelques-uns de ses sels dans certains cancers.* Note (¹) de M. **Odier.**

Certains cancéreux, ayant suivi antérieurement un traitement mercuriel, sont susceptibles de garder celui-ci dans leur organisme pendant plusieurs années.

Des observations de longue date m'avaient montré, sans que je puisse en donner la raison, que rien n'était plus dangereux pour les cancéreux que de leur faire suivre un traitement antisyphilitique.

Je viens de retrouver, chez plusieurs malades, du mercure que j'ai pu retirer par le procédé de l'amalgame.

Il s'agissait d'épithéliomas du sein et de cancers de la langue.

Dans le cas de l'un des trois cancers du sein, il a été impossible de retrouver dans les antécédents de la malade un traitement mercuriel quelconque.

L'une des deux autres avait eu des frictions d'onguent gris pour péritonite 7 ans auparavant et la troisième avait eu des injections d'huile grise, 4 ans auparavant.

Chez 4 cancers de la langue, que j'ai examinés depuis que mon esprit a été attiré sur ce sujet, tous 4 avaient eu des traitements mercuriels et chez l'un seulement celui-ci avait été institué pour une leucoplasie.

L'irritation que produit ce métal sur la cellule épithéliale m'a paru de toute évidence. Il semble que d'ores et déjà il y ait intérêt à pousser les recherches dans cette direction, afin de savoir si le mercure et ses sels, que l'on administre si copieusement et d'une façon croissante, dans la thérapeutique moderne, ne jouent pas un rôle important dans la genèse du cancer.

MÉDECINE. — *Une cause de radiodermite et préservation.* Note (²) de M. **Foveau de Courmelles**, présentée par M. d'Arsonval.

Les rayons X irritent en général peu la peau saine, et la preuve en est dans l'intégrité conservée des téguments cutanés chez les premiers radio-

(¹) Reçue à la séance du 19 juin 1911.

(²) Présentée à la séance du 19 juin 1911.

graphes, ceux de 1896 même, qui ne firent que peu ou point eux-mêmes leurs développements photographiques. Après une enquête minutieuse et très étendue sur le sujet, je n'ai que rarement constaté des radiodermites, 1 pour 100 environ, sur les radiologues qui n'entamèrent pas leur épiderme par les manipulations chimiques répétées du développement et du tirage de leurs clichés et épreuves. Des plaies ou éraflures quelconques ont aussi été des portes d'entrée.

La protection de la peau par la plaque d'aluminium, reliée au sol, que j'ai décrite en 1897 (*Traité de Radiographie*), est assez générale; cependant elle n'empêche pas le noircissement du système pileux (Académies des Sciences, 24 février 1905, à propos de fibromes), et parfois sa chute; mais, comme il y a repousse, que par suite les follicules pileux ne sont pas détruits, on peut conclure que la peau n'est nullement entamée par ces premiers rayons très mous, et que les rayons mous sont ainsi réellement arrêtés, alors que les autres n'agissent que profondément. Quant aux rayons obliques, il semble qu'on en ait exagéré les dangers, car des animaux familiers s'y exposant constamment, après douze ans même, n'ont subi ni troubles cutanés, ni troubles ovariques par exemple.

Nous ajouterons que des doses massives de rayons X ont pu arrêter, chez quelques radiologues, les lésions superficielles produites par des irritations incessantes et légères de même ordre, ce qui démontre probablement des variétés ou espèces différentes de radiations. L'opérateur peut s'en préserver, en somme, par des précautions assez simples : en gardant son intégrité cutanée, en ne développant pas ses clichés, ou en le faisant avec des gants de caoutchouc, par exemple.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence dans le lac Tchad du* Palæmon niloticus *Roux (d'après les observations du Dr Gaillard de la Mission Tilho)*. Note de MM. **Sollaud** et **Tilho**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Au cours de la mission Niger-Tchad, le Dr Gaillard, chargé par le Ministre des Colonies des recherches d'histoire naturelle, a découvert, en de nombreux points du lac Tchad, de véritables colonies d'un Crustacé connu seulement jusqu'ici dans le bassin du Nil, le *Palæmon niloticus* Roux.

La présence de ce Crustacé dans ces deux bassins ne peut s'expliquer que par l'existence entre eux d'une communication fluviale. En effet, il n'est pas possible d'invoquer pour les Palémonidés d'eau douce un mode de dissémination par les Mammifères ou les

oiseaux aquatiques analogue à celui que l'on observe dans une foule de petits organismes et notamment les Entomostracés d'eau douce et les Mollusques ; chez les Palémonidés, les œufs, au moment de la ponte, se fixent solidement aux nageoires abdominales de la femelle, qui les porte avec elle jusqu'à l'éclosion des larves; ces larves, extrêmement délicates, sont très peu résistantes et incapables de supporter une dessiccation même de courte durée.

Le passage du *Palæmon niloticus* Roux d'un bassin dans l'autre n'a donc pu se faire que par migration directe, suivant une voie d'eau continue reliant les deux bassins.

Cette communication fluviale, si elle n'existe plus aujourd'hui, existait certainement à une époque peu éloignée, car tous les zoologistes qui se sont occupés de la répartition du genre *Palæmon* admettent que l'immigration dans les eaux douces de ces Crustacés, primitivement marins, s'est effectuée récemment et semble même se continuer à l'époque actuelle.

Le passage du *P. niloticus* du Nil dans le Tchad, ou du Tchad dans le Nil, donnant la preuve certaine de l'existence de relations fluviales récentes entre les deux bassins, il est naturel de rechercher par où a pu s'établir cette communication.

A cet égard, deux hypothèses peuvent être envisagées :

I. *Communication par les sources entre les affluents du Chari, d'une part, et les affluents du Bahr el Ghazal du Nil* (¹), *d'autre part.*

Aucune observation directe ne permet de constater ou d'affirmer que les sources des affluents précités puissent (ou aient pu) entrer temporairement en relation: l'orographie et l'hydrographie de la région intéressée sont encore presque inconnues.

II. *Communication par un ancien déversement de la nappe tchadienne dans le Nil, à travers le sud du désert libyque.*

Cette hypothèse, qui a fait l'objet de nombreuses controverses, paraît assez vraisemblable, tout au moins sur le premier tiers environ de la distance (1800^{km}) qui sépare le Tchad du Nil. Nous avons constaté en effet (²):

a. Que le Tchad n'est pas le point le plus bas de son bassin; le terrain s'abaisse sensiblement de l'Ouest vers le Nord-Est par une succession de plaines à caractère progressivement désertique;

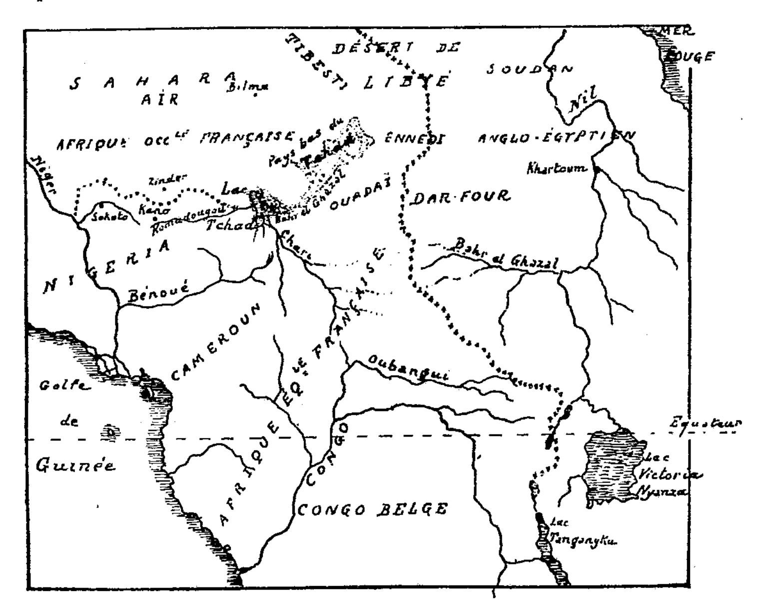
(¹) Au centre de l'Afrique, deux régions bien distinctes, distantes de moins de 600^{km}, portent le nom de *Bahr el Ghazal;* l'une est une région de rivières et de marécages se jetant dans le Nil, l'autre est une région aujourd'hui desséchée, prolongeant le Tchad vers le Nord-Est: pour les distinguer, nous appelons la première *Bahr el Ghazal du Nil* et l'autre *Bahr el Ghazal du Tchad.*

(²) Voir *Documents scientifiques de la mission Tilho*, t. I et II. Publication du Ministère des Colonies.

b. Que les environs du Tchad, bien que produisant du sel en abondance, ne sont pas le fond d'une mer disparue, ce sel ne présentant aucun des caractères d'un sel d'origine marine;

c. Que les eaux du Tchad sont douces, pures, peu minéralisées (teneur en Cl, 0,02 pour 1000) comme l'eau des grands fleuves, Niger, Congo, Nil, preuve certaine qu'elles n'ont pas le temps de se concentrer et s'écoulent par un émissaire souterrain;

d. Que le Tchad, immense flaque d'eau, dont la profondeur moyenne est de $1^{m},50$ pour une superficie supérieure aux $\frac{3}{4}$ de celle de la Belgique, est moins un lac qu'un



TCHAD - NIL - CONGO · NIGER

immense marécage formé par l'épanouissement d'une nappe aquifère mi-superficielle, mi-profonde, drainant du Sud et de l'Ouest vers le Nord-Est les eaux de pluie du bassin tchadien; ainsi s'explique aisément l'extrême instabilité des limites du Tchad, laquelle est fonction des variations saisonnières et annuelles des précipitations atmosphériques;

e. Que le Bahr el Ghazal du Tchad met en communication le lac Tchad et les plaines d'altitude inférieure, groupées sous le nom de Pays bas du Tchad et caractérisées par l'existence d'une puissante nappe aquifère souterraine; en raison de la rareté des pluies dans ces régions désertiques, cette nappe doit être alimentée, pour la plus grande part, par la nappe tchadienne;

f. Qu'enfin l'abondance des coquilles fluviatiles et des vertèbres de poissons trouvées dans les Pays bas du Tchad, ainsi que les dépôts sédimentaires qui y ont été observés (M. Garde), démontrent que cette région est un ancien lac, récemment desséché.

Si l'on ajoute à ces faits d'observation : que la faune ichtyologique du Tchad offre de grandes affinités avec celle du Nil (M. Pellegrin); que la faune malacologique prend de plus un caractère nilotique à mesure qu'on s'éloigne du Tchad vers le Nord-Est (M. Germain); que la présence du *Palæmon niloticus* Roux dans le Tchad et dans le Nil, implique la nécessité d'une communication fluviale entre les deux bassins, on est amené à conclure :

Qu'à une époque récente, probablement quaternaire, la nappe tchadienne, beaucoup plus puissante qu'aujourd'hui, s'est continuée superficiellement par le Bahr el Ghazal du Tchad, actuellement desséché; s'est épanouie pour former l'ancien lac des Pays bas du Tchad, et a pu se prolonger jusqu'au Nil, à travers le sud du désert de Lybie, suivant un thalweg dont les explorations futures permettront sans doute de retrouver les traces.

Mais si ces explorations futures constataient à l'Est des Pays bas du Tchad l'existence d'une *barrière continue* de plateaux reliant les massifs montagneux de l'Emmedi et du Tibesti, la communication fluviale entre Nil et Tchad ne pourrait être retrouvée que vers les sources du Chari ou de ses affluents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des humates sur les micro-organismes.* Note de M. E. **Kayser**, présentée par M. A. Müntz.

L'influence de l'humus sur la fertilité des terres est bien connue. L'action favorable des extraits de terre, de l'humus et des humates a été déjà signalée par MM. Müntz et Laîné, Karpinsky et Niklewsky, pour les ferments nitreux; par M. Hohl, pour les dénitrificateurs; par MM. Beijerinck, V. Delden, Heinz, Bredemann, Pringsheim, Krzemieniewski, pour les fixateurs d'azote (azotobacters et granulobacters); M. H. Christensen l'a fait connaître pour les ferments qui transforment l'urée.

J'ai pensé qu'un des facteurs de propagation de la graisse des cidres pouvait provenir des pommes souillées de terre et mal lavées et j'ai essayé l'influence de l'humate d'AzH^3, obtenu à l'aide de terreau, sur les ferments gras du cidre dont j'ai fait connaître les propriétés [1].

Du bouillon peptoné sucré est additionné de 2 pour 1000 d'humate ou laissé sans humate et ensemencé avec les ferments gras.

[1] *Comptes rendus*, t. 152, 22 mai 1911.

Proportion centésimale de sucre disparu.

Ferments		a.	b.	c.
Saccharose...	Sans humate	34,12	22,86	23,93
	Avec humate	47,09	51,09	16,66
Glucose.....	Sans humate	7,11	24,57	12,07
	Avec humate	12,06	28,58	12,92
Lévulose.....	Sans humate	41,93	61,63	10,94
	Avec humate	91,62	88,29	30,99

On voit que l'addition d'humate a augmenté la disparition du sucre, sauf, en milieu saccharosé, pour *c*, ferment se distinguant sous bien d'autres rapports; les proportions d'alcool, d'acide lactique, d'acide acétique, de mannite ont été en rapport avec la décomposition du sucre.

Dzierbicki (1) a également constaté que l'humus exerce une action favorable sur la multiplication de la levure et la fermentation alcoolique, d'autant plus accentuée que l'ensemencement a été plus faible.

En essayant l'humate à la dose de 2 pour 1000 sur une levure de vin et une levure de cidre, accoutumée ou non au nitrate de manganèse, j'ai trouvé que la race de levure avait une grande importance.

Un moût sucré ($\frac{1}{3}$ glucose, $\frac{2}{3}$ saccharose) azoté est additionné ou non d'humate.

Proportion centésimale (sucre interverti disparu).

	Levure de vin.	Levure de cidre non accoutumée au Mn.	Levure de cidre accoutumée au Mn.
Sans humate	73,85	68,11	82,87
Avec humate	78,28	69,08	83,40

On voit que l'influence de l'humate sur la levure de cidre est nulle; elle paraît plus sensible sur la levure de vin. On trouve des résultats du même ordre avec les ferments lactiques; en présence d'humate, l'acidité totale est, en général, plus élevée; pour l'acidité volatile, l'inverse peut avoir lieu.

Voici les résultats trouvés avec un ferment lactique n° 1 étudié ailleurs (2) :

Proportion centésimale de sucre disparu.

Sans humate	14,5	Avec humate	19,6

(1) *Bull. intern. de l'Académie Sc. Cracovie*, 1909.

(2) *Annales Inst. agron.*, 2e série, t. III.

On peut se demander si l'action de l'humate est d'ordre alimentaire (hydrocarboné ou azoté) ou s'il faut la comparer à l'action de certains stimulants des micro-organismes.

Il semble qu'au moins pour les ferments gras du cidre, elle soit alimentaire, car les résultats obtenus sont bien comparables à ceux que j'ai constatés par l'addition aux moûts sucrés de levure morte, apportant des matières azotées assimilables par ces ferments.

BACTÉRIOLOGIE. — *Bactéries dénitrifiantes des lits percolateurs.* Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. E. Roux.

La dénitrification a été souvent signalée parmi les phénomènes qui se produisent dans l'épuration biologique des eaux d'égouts. Mais elle est considérée comme accidentelle : elle résulterait d'une aération défectueuse des lits bactériens. Les microbes réduiraient l'azote nitrique pour utiliser son oxygène. Voir notamment un article de W. Mair dans *The Journal of Hygiene*, 1908.

M. Mazé a démontré, au contraire, que la dénitrification est un processus régulier d'assimilation de l'azote. Les microbes réduisent l'acide nitrique pour mettre en œuvre son azote (¹).

J'ai recherché si, dans les lits percolateurs fortement aérés, les microbes dénitrifiants pouvaient jouer un rôle dans l'épuration.

J'ai isolé les bactéries banales d'un lit percolateur. A chaque essai, parmi les microbes dominants, il s'en trouvait en abondance qui détruisaient rapidement l'acide nitrique. Deux espèces très répandues furent particulièrement étudiées.

Bacille a. — Peut être identifié au *B. subtilis*.

Bacille b. — Très voisin du *B. subtilis*. Colonies roses. Les milieux de culture deviennent aussi roses. Ces deux bactéries transforment l'azote nitrique en azote ammoniacal et en azote organique sans production de protoxyde, de bioxyde d'azote ni d'azote libre.

Les résultats suivants se rapportent à une fermentation en milieu minéral, d'une durée de cinq jours et obtenue avec le bacille *a*.

(¹) Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, avril 1911.

	Avant fermentation.	Après fermentation.
	mg	mg
Azote dans 50^{cm^3}	41,22	41,47
Azote nitrite	41,22	0,00
Azote ammoniacal	0,00	29,33
Azote organique	0,00	12,14

Il y a eu, en outre, abondante formation de gomme et production d'un corps ayant les réactions de l'acétone.

Mais ces microbes ne pourront dénitrifier dans les lits percolateurs qu'autant que la réduction de l'azote nitrique sera possible en présence d'une aération intense. J'ai recherché s'il en était ainsi.

Je citerai quelques-uns des nombreux essais effectués :

1° On ensemence 40^{cm^3} de bouillon à 1 pour 100 de nitrate de soude:

I. Dans des fioles d'Erlenmeyer de 250^{cm^3} : large surface d'aération.

II. Dans des tubes à essais : faible surface d'aération.

Dans les fioles I, les microbes *a* et *b* réduisent tout l'acide nitrique en 3 ou 4 jours. Dans les tubes II, la réduction n'est pas terminée au bout d'un mois.

2° On ensemence 20^{cm^3} de bouillon à 0,2 pour 100 de nitrate de soude:

I. Dans des larges tubes maintenus inclinés.

II. Dans des boules où l'on fait le vide avec la trompe à eau.

Après 1 jour les cultures des microbes *a* et *b* dans les tubes I ne contiennent plus d'azote oxydé.

Les cultures en boules (II) en contiennent encore après 8 jours.

3° Du bouillon sucré contenant 0,2 pour 100 de nitrate de soude est mis dans deux pipettes de Roux disposées en U renversé et munies d'une tubulure unique. Une des pipettes est ensemencée. On fait le vide dans l'appareil à l'aide de la trompe à eau. Le microbe se développe et absorbe tout l'oxygène que la trompe n'avait pu entraîner. On renverse un peu de la culture obtenue dans la pipette stérile : on n'observe alors aucun nouveau développement avec les microbes *a* et *b*.

Donc l'aération favorise la dénitrification avec ces bactéries qui, même, ne peuvent utiliser l'oxygène du nitrate pour leur respiration. Aussi ces dénitrifiants, très abondants dans les lits percolateurs où l'aération est intense, y jouent certainement un rôle important.

Si l'on rappelle que des travaux récents ont montré que la nitrification dans les conditions naturelles s'effectue en présence de matières organiques, on doit conclure que les deux phénomènes de nitrification et de dénitrification sont simultanés. Mais la réduction de l'azote nitrique exige la présence de matières organiques; leur définition arrête donc la dénitrification pour

ne laisser subsister que le phénomène inverse qui apparaît alors dans toute son intensité.

Les bactéries analogues au *B. subtilis* sont abondantes dans les lits percolateurs, mais il existe d'autres espèces dénitrifiantes très répandues dans la nature qui donnent lieu à un dégagement d'azote et qui doivent aussi se rencontrer dans les lits percolateurs : elles feront l'objet de nouvelles recherches.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rôle des matières minérales dans la formation de la protéase charbonneuse.* Note de M. **Jean Bielecki**, présentée par M. E. Roux.

La bactéridie charbonneuse se développe dans les solutions d'asparagine (1) dans l'eau très pure (2), et les cultures ainsi obtenues liquéfient la gélatine solide et dissolvent l'albumine d'œuf coagulée.

En fait de matières minérales, et celles-ci paraissent indispensables à la vie, la bactéridie ne dispose dans ces milieux que de l'ammoniaque qu'elle peut former aux dépens de l'acide aminé. Le rôle des électrolytes dans la protéolyse est indiscutable; dans les cultures en asparagine, ce rôle ne peut être rempli que par les acides organiques ou leurs sels ammoniacaux, voire l'ammoniaque libre, tous produits de la désassimilation microbienne.

De plus, il faut croire que la quantité tout à fait minime de sels qu'on apporte avec la semence est indispensable à assurer le développement. En effet, lorsqu'on prélève une goutte d'une culture en milieu ordinaire (bouillon, solution de peptone) et qu'on la porte dans 5^{cm^3} à 10^{cm^3} de solution pure d'asparagine, le développement se fait normalement. Et, par contre, la même quantité de semence ne donnera rien dans 100^{cm^3} de la même solution. Il y a donc une concentration minimum en sels, autres que ceux de l'ammoniaque, qui est nécessaire. D'ailleurs, la semence prise dans une culture en asparagine pure ne se développe pas dans une pareille solution.

Il faut aussi que les solutions d'asparagine soient suffisamment diluées. Dans les solutions contenant 0,1 mol. gr. au litre (gr. 1,5 pour 100), le développement fait souvent défaut. Ce sont les solutions contenant 0,04 à 0,01 mol. gr. au litre qui donnent un développement normal.

Ces cultures m'ont paru réaliser les conditions de la plus grande simpli-

(1) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. LXX, 1911, p. 100.

(2) Eau de très haute résistance électrique : $K = 1,5 . 10^{-6}$.

cité pour étudier quelle est l'influence des sels minéraux dans les phénomènes de protéolyse.

J'ai toujours expérimenté comparativement sur des séries de cinq cultures en solution d'asparagine pure, qui servaient de témoins, et sur d'autres séries pareilles, auxquelles on avait ajouté des quantités variées de sels différents. On essayait le pouvoir protéolytique sur des cultures âgées de 3 à 4 jours après les avoir additionnées de quelques gouttes de toluène.

Pour apprécier l'attaque de la diastase sur la gélatine solide (gélatinolyse), je me suis servi de la méthode de M. Malfitano [1]; et pour l'albumine (albuminolyse) j'ai employé une émulsion d'albumine coagulée. On la prépare en chauffant du blanc d'œuf dilué 10 fois que l'on précipite par addition d'acide acétique. Le précipité, centrifugé et lavé à plusieurs reprises, forme dans l'eau une émulsion, dont on introduit un volume connu dans la culture. L'albuminolyse est appréciée par l'éclaircissement du mélange.

Voici les résultats de la gélatinolyse par les cultures en solution d'asparagine pure au titre indiqué (M : 25, M : 50, M : 100, mol. gr. par litre) et par d'autres additionnées d'une goutte de solution normale de sels différents; $Ca(OH)^2$ était employée en solution saturée. Chaque chiffre représente la moyenne des résultats d'une série de cinq cultures et exprime en millimètres la longueur du cylindre de gélatine dissoute dans l'espace de 3 jours et à la température ordinaire.

		Solution additionnée de					
I.	Sol. pure M : 50.	NaCl.	KCl.	NH^4Cl.	$MgCl^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de NaCl.
	6,3	5,4	5,7	5,8	6,0	8,5	7,3

II.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de $CaCl^2$.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de $CaCl^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de $CaCl^2$.
	6,2	10,3	6,8	10,0	2,9	7,0
III.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de K^2HPO^4.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de K^2HPO^4.	Sol. pure M : 50	Sol. add. de NaH^2PO^4.
	10,1	8,3	5,3	3,7	9,2	8,3
IV.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de K^2SO^4.	Sol. pure M : 50	Sol. add. de K^2SO^4.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de K^2SO^4.
	50	4,5	4,4	3,9	1,9	1,4

		Solution additionnée de			
V. *a*.	Sol. pure M : 50.	NaH^2PO^4 + NaCl.	NaH^2PO^4 + $CaCl^2$.	NaH^2PO^4 + NaCl + $CaCl^2$.	NaCl + $CaCl^2$.
	9,2	9,3	8,9	9,3	9,9

b.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de KH^2PO^4 + $Ca(OH)^2$.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de KH^2PO^4 + $Ca(OH)^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de KH^2PO^4 + $Ca(OH)^2$.
	16,6	17,9	12,7	15,4	7,5	16,5

(1) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, 1904, p. 33.

On voit que des bactéridies ayant poussé dans des solutions d'asparagine, additionnées de sels, ont une activité protéolytique sensiblement différente de celle des bactéries poussées dans des solutions pures. Et d'une manière constante, le calcium exalte considérablement le pouvoir gélatinolytique, tandis que les sels de potassium, de sodium, d'ammonium, de magnésium, quel que soit l'acide, le font faiblement diminuer.

Il en est autrement si l'on fait l'essai d'albuminolyse. Alors, les cultures contenant des sels de calcium, auxquelles on avait ajouté l'émulsion d'albumine, ne s'éclaircissent jamais complètement et paraissent de beaucoup moins actives que celles additionnées de sels alcalins.

Si, toutes choses égales, au lieu d'ajouter les sels avant le développement, on les ajoute dans la culture déjà développées en solution pure, l'effet n'est pas le même. Il faut donc admettre que les sels ont un rôle dans la formation de la protéase et n'agissent pas simplement par leur présence pendant la protéolyse.

GÉOLOGIE. — *Influence de la structure anatomique de certains tests fossilisés, sur la production d'une variété nouvelle de silice fibreuse.* Note de M. **Stanislas Meunier.**

Quand on abandonne pendant un temps convenable un fragment de test d'*Ostrea*, d'Inocérame ou d'Ananchyte de la craie blanche dans l'acide chlorhydrique étendu, on voit se signaler peu à peu des pustules translucides à la surface de ces fossiles. En poussant l'expérience jusqu'à ce que toute effervescence ait cessé, c'est-à-dire jusqu'à ce que toute la matière calcaire ait été dissoute, on recueille un résidu dont la proportion varie entre de larges limites et qui, à première vue, paraît présenter toutes les propriétés du quartz. En effet l'analyse chimique y décèle la présence exclusive de la silice et l'absence à peu près complète de l'eau; la densité en est égale à 2,590; le minéral est incolore et transparent; il raye le verre avec facilité.

En s'en tenant à ces caractères, on peut considérer la substance comme étant du quartz et c'est ce que j'ai fait en 1900, en signalant pour la première fois les faits que je viens de résumer [1]. Cette constatation avait une conséquence importante en ce qui concerne l'histoire de la craie. Cette

---

[1] *Congrès géologique international : Comptes rendus de la VIII^e Session, en France*, 1 vol. in-8°, p. 621 et suiv. Paris, 1901.

roche, en effet, que sa ressemblance avec la boue à globigérines actuelles a porté à considérer comme un dépôt abyssal, a ensuite été rangée parmi les formations terrigènes à cause de la présence dans sa masse de grains sableux résistant aux réactifs qui la dissolvent. On rétorque maintenant cette opinion, puisque les *grains de sable* se sont en réalité concrétionnés dans les tests fossiles de Mollusques et d'Échinodermes et sont passés dans la roche à la suite de la désagrégation spontanée de ces débris. C'est là un résultat très favorable, en montrant la continuité de la formation crayeuse, à la conception du processus lent et progressif de l'évolution terrestre.

Or, depuis ma première publication, j'ai soumis les grains sableux à un complément d'étude et j'ai reconnu que leur histoire est plus compliquée qu'il ne paraissait d'abord.

Dans un certain nombre de cas, il n'y a rien à ajouter aux observations primitives; par exemple, dans le cas des tests d'*Ostrea columba* de la craie turonienne, c'est bien du quartz hyalin que l'on recueille. On voit même nettement que ce quartz, qui parfois est parfaitement pyramidé, résulte des lentes transformations subies par des concrétions d'abord gélatineuses, réunies ensuite en *orbicules* où la calcédoine est associée au quartz, et enfin granulées en petits cristaux.

Dans d'autres cas au contraire, et spécialement quand il s'agit des Inocérames et des Ananchytes, on s'aperçoit au microscope qu'il ne s'agit pas de quartz proprement dit, mais d'un minéral possédant à la fois la même composition chimique que le cristal de roche et des propriétés optiques différentes des siennes. C'est, à n'en pas douter, un membre de cette intéressante série de substances fibreuses qui comprend la *calcédonite* de M. Lacroix [1], ainsi que la *quartzine* et la *lutécite* de MM. Michel Lévy et Munier-Chalmas [2], et se rapprochant tout spécialement de cette dernière.

J'ai naturellement soumis mes préparations à M. Lacroix et celui-ci a bien voulu m'écrire, à leur sujet, les lignes suivantes, dont je le remercie vivement, comme résumé de ses observations : « Vous pouvez annoncer que votre produit n'est ni de la quartzine ni de la calcédonite, comprise dans le sens adopté t. III, p. 131, de ma *Minéralogie*. *Les fibres sont d'allongement* +, *mais celui-ci se fait obliquement à* n_g. Elles rentrent donc dans la lutécite; mais comme les rosettes sont irrégulières, il n'est pas possible de faire des mesures précises permettant d'assimiler sûrement le minéral avec celui

---

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 124. Paris, 1901.

(2) *Bulletin de la Société de Minéralogie*, t. XV, p. 159. Paris, 1893.

figuré p. 128. En lumière convergente, on voit deux axes très rapprochés autour d'une bissectrice positive. Les propriétés soulignées constituent la caractéristique de votre minéral ».

D'après les nombreux spécimens que j'ai réunis, on peut conclure que les concrétions siliceuses ne se sont pas produites au hasard dans l'épaisseur des tests fossilisés, mais, au contraire, en des points strictement déterminés par la structure anatomique de ceux-ci. Chez les Oursins, elles affectent une distribution remarquablement symétrique. Il faut en conclure que le milieu organisé leur a procuré les conditions favorables contrastant avec celles qu'a rencontrées la silice au sein de la craie qui s'est transformée en silex dans la cavité des Ananchytes. C'est pour consacrer l'influence de la vie sur cette curieuse production minérale que je propose d'inscrire la nouvelle variété de silice fibreuse sous le nom de *zoésite* qui prendra place à la suite de la *quartzine*, de la *lutécite* et de la *calcédonite*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'état d'avancement des travaux du Service géologique de l'Indo-Chine.* Note de M. **Lantenois**, présentée par M. H. Douvillé.

Le Service géologique de l'Indo-Chine, créé en 1898, a été rattaché en 1904 au Service des Mines de la colonie et a utilisé, depuis cette époque, les travaux des géologues du Service géologique, des ingénieurs et contrôleurs des Mines, des officiers du Service géographique ou chargés de missions spéciales et des voyageurs qui ont parcouru l'Indo-Chine, le Yunnan et l'île de Hainan.

Les observations faites et les échantillons méthodiquement recueillis par les officiers du Service géographique et contrôlés, autant que faire s'est pu, par le Service géologique, ont permis de tracer en minutes, sur les cartes régulières topographiques au $\frac{1}{100000}$ du Tonkin et de l'Annam qui ont déjà été levées, les aires approximatives d'extension des différents terrains géologiques facilement reconnaissables à première vue. MM. les capitaines Zeil, Allouchery, Dussault, ont même dressé de véritables cartes géologiques dont une a été éditée, celle de That-Khé (Zeil), et dont deux autres, celles de Yen-Bay et Son-La (Dussault), seront prochainement publiées. Sur ces deux dernières cartes le contour des massifs cristallins a pu être tracé avec précision à l'aide des déterminations pétrographiques faites par M. Deprat, docteur ès sciences, nouvellement attaché au Service.

D'autre part, M. Counillon a étudié les environs de Nong-Son (Annam);

M. de Lamothe, une grande partie du Cambodge et du Laos méridional; M. Zeil, le vaste pays formé par le Laos septentrional et les bassins de la haute Rivière Noire et du haut Song-Ma; M. Mansuy, la région de Luang-Prabang; M. le commandant Montguers, le pays limitrophe du Cambodge et du Siam (nouvelle frontière).

Grâce aux travaux dont on vient de parler, les grands traits de la géologie du nord et une partie du sud de l'Indo-Chine nous sont aujourd'hui assez bien connus.

Au Yunnan, MM. Deprat et Mansuy, géologues du Service, complétant les premiers résultats obtenus par M. Leclère en 1898 et par la mission de M. Lantenois en 1903, ont fait, en 1909-1910, une étude approfondie de tout le territoire qui s'étend, sur 400^{km} Nord-Sud et 100^{km} Est-Ouest, depuis Mong-Tse, au Sud, jusqu'à la boucle du Fleuve Bleu, au Nord.

Une esquisse géologique de la partie nord et centrale de l'île de Hainan a été établie par le Service, d'après les échantillons rapportés par M. Madrolle, géographe.

Les publications officielles du Service consistent, jusqu'à ce jour, dans la Carte géologique de That-Khé, déjà mentionnée, et dans l'importante étude publiée en 1907 sous le titre de *Contribution à la Carte géologique de l'Indo-Chine : Paléontologie*, par H. Mansuy, géologue au Service des Mines de l'Indo-Chine. Le texte est accompagné d'un atlas de 18 planches in-8° figurant les fossiles recueillis en Indo-Chine dans la période 1904-1907 et dont la détermination a été faite par M. Mansuy à l'École des Mines de Paris.

En dehors de cet Ouvrage, différents Recueils ont publié les travaux du Service sous le nom de leurs auteurs.

Un bulletin périodique du Service géologique sera prochainement créé et l'on pense pouvoir publier en 1913 une première esquisse de Carte géologique générale de l'Indo-Chine et du Yunnan oriental.

État actuel de nos connaissances sur la géologie du Yunnan oriental et de l'Indo-Chine. — Les derniers travaux de MM. Deprat et Mansuy ont grandement accru nos connaissances sur la géologie du Yunnan. L'existence d'une magnifique série sédimentaire, avec nombreux horizons fossilifères, depuis le Cambrien inférieur jusqu'au Trias supérieur inclusivement, a pu être établie. Le Lias, le Jurassique et le Crétacé manquent. Le Tertiaire est représenté par des dépôts lacustres.

En Indo-Chine, le Cambrien n'a point encore été positivement reconnu.

La série sédimentaire commence au Silurien moyen; elle est moins complète et moins bien établie qu'au Yunnan. Par contre, elle comprend du Lias, et peut-être, très localement, du Jurassique; le Crétacé manque; le Tertiaire est lacustre.

L'Indo-Chine offre une admirable variété de schistes cristallins et roches cristallines.

Au point de vue des phénomènes de régression et de transgression, deux faits particulièrement intéressants sont à signaler.

Le premier est le mouvement général d'émersion qui s'est produit après le dépôt des calcaires permiens. Il a provoqué une période d'érosion intense et a été suivi par la grande transgression triasique.

Le second est l'extension considérable du « Terrain rouge » qui existe au Tonkin comme formation détritique (avec parfois des plantes rhétiennes) et que M. Zeil a reconnu comme terrain détritique, ou parfois lagunaire, dans tout le Haut-Laos, où il recouvre transgressivement le Trias. Une formation analogue paraît se retrouver le long du Mekhong moyen et dans la plaine siamoise. Elle marquerait, sauf peut-être une exception locale au Tonkin, la fin de la sédimentation marine en Indo-Chine.

Au point de vue tectonique, les travaux récents de M. Deprat ont mis en lumière un effort de plissement intense venant du Szetchouen et qui a refoulé les terrains primaires et secondaires du Yunnan contre le massif primaire et cristallophyllien du Haut-Tonkin. D'une façon générale, en Indo-Chine, les massifs primaires et cristallophylliens semblent avoir formé le *cadre résistant* contre lequel est venu se briser, plus ou moins violemment, l'effort de poussée qui a affecté les terrains secondaires. Cet effort va d'ailleurs en s'affaiblissant du Nord au Sud, depuis le Szetchouen jusqu'au Siam.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le mécanisme des pluies et des orages au Soudan.* Note de M. **Henry Hubert**, présentée par M. le Prince Roland Bonaparte.

On sait qu'en Afrique occidentale, au Nord du 12e parallèle, les pluies viennent généralement de l'Est ([1]). Il y a là une anomalie d'autant plus

([1]) Marc, *Le pays Mossi*, p. 56 et suiv. — Chudeau, *Sahara soudanais*, p. 129 et suiv. — Villatte, *A travers le Sahara* (*La Géographie*, t. XXIII, p. 181).

intéressante que les régions centrales de l'Afrique, à partir de la latitude considérée, sont désertiques.

Les observations que j'ai faites, au cours de deux années de route entre le 8°30′ et le 14°30′ lat. N. permettent d'interpréter cette anomalie, pour laquelle, jusqu'à ce jour, aucune explication n'a été proposée. Afin de leur laisser toute leur valeur, on ne trouvera ici que l'exposition résumée des faits, dégagés de toute idée théorique, et groupés seulement de façon à montrer leur enchaînement.

Dans tous les pays de l'Afrique occidentale compris au moins entre le 8e et le 16e parallèles, un vent d'Est (NE à E), remarquablement sec, souffle à la surface du sol, d'une façon à peu près exclusive, pendant toute la saison sèche. Il occupe une zone qui dépasse certainement 2000m de hauteur. On lui conservera ici son nom local d'*harmattan*, qui ne préjuge rien quant à son origine.

A partir du printemps, il ne se perçoit plus à la surface du sol, mais il persiste dans la haute atmosphère, comme le prouvent les nuages qu'il véhicule; l'altitude de ses couches les plus basses est généralement d'au moins 1000m.

La *mousson*, venant du Sud (S à SO), s'établit au printemps et est particulièrement nette au voisinage des côtes ([1]). Comme son existence est liée au mouvement apparent du Soleil au-dessus des régions considérées, sa durée et sa force diminuent à mesure qu'on s'élève en latitude. Cependant, au moins jusqu'au 14e parallèle, elle est encore rendue très nette, grâce aux petits cumulus qu'elle entraîne. Ceux-ci se tiennent presque toujours à moins de 800m de hauteur, ce qui permet d'établir que la mousson souffle dans la zone comprise entre cette altitude et le sol. Ainsi, pendant la saison des pluies, on a deux courants aériens superposés (harmattan et mousson) de direction différente.

La mousson apporte l'humidité atmosphérique. Cela ne résulte pas seulement de sa direction même, mais encore des nuages qu'elle véhicule, et qui n'apparaissent que pendant l'époque où elle souffle. Dans les régions septentrionales, ceux-ci se dissipent et se reforment constamment, mais leur direction et leur altitude prouvent qu'ils demeurent toujours dans le courant de la mousson et, par conséquent, que celle-ci apporte bien de la vapeur d'eau.

Les orages de la région considérée me paraissent résulter du conflit des

---

([1]) H. Hubert, *Mission scientifique au Dahomey*, p. 45 et suiv.

deux courants aériens. C'est la seule hypothèse que je fasse. A priori, elle est rendue vraisemblable par ce fait que la condensation de la vapeur d'eau est favorisée au contact de deux masses d'air, et que le frottement de deux couches gazeuses en mouvement doit déterminer la production d'électricité.

A l'appui de cette hypothèse, viennent les observations suivantes :

1° Il n'y a jamais d'orage : *a*) en hiver, époque pendant laquelle l'harmattan souffle seul; — *b*) pendant l'hivernage, dans les régions méridionales, lorsque la mousson est nettement établie et qu'elle est parvenue à refouler définitivement l'harmattan.

2° Il y a toujours orage : *a*) exceptionnellement, en hiver, quelques heures après qu'on a constaté à terre le début d'un vent de direction opposée à l'harmattan, celui-ci continuant à souffler en hauteur; — *b*) pendant l'hivernage, dans toute la période où la mousson s'établit aux dépens de l'harmattan et dans celle où elle cesse au profit de celui-ci; — *c*) au cours de ces deux dernières périodes, notamment quand on constate que les couches inférieures de l'harmattan sont basses (quelques centaines de mètres au-dessus du sol).

3° L'orage est toujours interposé entre l'harmattan et la mousson (¹).

L'orage se déplace rapidement vers l'Ouest et réussit toujours à refouler la mousson. Sa direction et sa vitesse de translation s'expliqueraient très bien en faisant intervenir la composition des actions mécaniques des deux courants aériens. On voit que la direction prise est voisine de celle de l'harmattan, certainement plus puissant. Quant à la vitesse, elle a pu être établie entre deux localités de la Boucle du Niger (San et Koury), distantes de 180^{km} et reliées télégraphiquement : elle serait de 60^{km} à 75^{km} à l'heure. En outre, la trajectoire serait sensiblement rectiligne pour les distances observées (150^{km} à 200^{km}), ce qui est la règle, pour les régions soudanaises au moins.

Ainsi, dans le cas des orages, la vapeur d'eau, amenée d'abord du Sud par la mousson, est refoulée vers l'Ouest sous l'influence de l'harmattan et abandonnée, sous forme de pluie, le long de trajectoires grossièrement orientées EO. Par conséquent pour les régions où l'hivernage tout entier sera une période d'orages, les pluies viendront exclusivement de l'Est. Ces régions sont celles, suffisamment septentrionales, où la durée de la mousson est assez courte pour que la période où elle s'établit et celle où elle cesse se rejoignent; ou bien encore, ce qui revient au même, celles où la force de la mousson est amoindrie au point que, n'arrivant pas à refouler

(¹) Tout cela expliquerait pourquoi on n'a jamais observé, du moins pour le Soudan et le Dahomey, que les orages fussent précédés de dépressions barométriques.

définitivement l'harmattan, le conflit des deux courants aériens superposés est en quelque sorte permanent pendant l'hivernage.

Pour les autres régions, plus méridionales, les pluies viendront de l'Est, quand elles seront des pluies d'orage (début et fin de l'hivernage), mais elles viendront du Sud et ne seront jamais accompagnées de phénomènes électriques au milieu de l'hivernage, quand la mousson aura refoulé l'harmattan.

Ces observations s'appliquent certainement à toutes les régions comprises, en longitude, au moins entre Kayes et Zinder, et en latitude, au moins jusqu'au 20° et presque certainement jusqu'au 23e parallèle. Au sud du 8e parallèle, où sans aucun doute les orages sont dûs aux mêmes causes, on n'a que quelques observations pour le Dahomey; ici encore leur direction est très voisine de celle de l'harmattan, dévié vers le Sud-Ouest.

Il y a donc, au point de vue du mécanisme et de la production des pluies, deux zones très nettes à distinguer en Afrique occidentale. Au Nord, une zone où toutes les pluies, *d'orage*, viennent de l'Est; au Sud, une zone où il y a des pluies ordinaires (du Sud) encadrées de deux périodes de pluies d'orage (de l'Est). Pour la Boucle du Niger, la limite commune des deux zones serait comprise entre le 12e et le 13e parallèles.

M. **Albert Pansiot** adresse un Mémoire sur la *Libration longitudinale de la Lune*.

(Renvoi à l'examen de M. Radau.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Rapport *de la Commission chargée de proposer, pour l'année* 1911, *la répartition des subventions du* Fonds Bonaparte.

(Cette Commission, qui comprend le prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Armand Gautier, président de l'Académie; Lippmann, Émile Picard, Violle, Haller, Delage, Alfred Picard; Ph. van Tieghem, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie pour lui faire des propositions de subvention, à attribuer en 1911 sur la quatrième et dernière annuité du Fonds Bonaparte, a eu à examiner, comme l'année dernière, trente-quatre demandes portant sur les sujets et les projets les plus divers et, comme l'année dernière, elle a éprouvé le regret de n'en pouvoir accueillir que onze. Comme l'année dernière aussi, le total de ces onze demandes se trouvait dépasser de beaucoup le chiffre de l'annuité disponible. Mais le prince Roland Bonaparte était là et, très simplement, il nous a, cette fois encore, tirés d'embarras. Renouvelant son geste généreux de l'année dernière, il s'est empressé d'ajouter une somme de 5000^{fr} à son annuité, qui se trouve ainsi portée de nouveau à 30000^{fr}. Aussi votre Rapporteur se fait-il tout d'abord un devoir, et c'est en même temps un plaisir, de renouveler, lui aussi, à notre Confrère, les remercîments de l'Académie.

La Commission vous propose de répartir, comme il suit, cette somme de 30000^{fr} entre les onze bénéficiaires.

1° 4000^{fr} à M. **Hartmann**, lieutenant-colonel d'artillerie en retraite, lauréat de l'Institut, pour lui permettre de poursuivre, dans les conditions qu'il a précisées dans un rapport détaillé présenté à la Commission, l'achèvement de ses recherches expérimentales sur l'élasticité des corps solides. En cours d'exécution au laboratoire de Physique du Collège de France, ces recherches ont pu être menées à bien jusqu'ici à l'aide d'une première subvention de 5000^{fr}, allouée l'année dernière sur le fonds Bonaparte.

2° 3000^{fr} à M. **Alluaud**, voyageur-naturaliste, lauréat de l'Institut. Depuis 27 ans, M. Alluaud a accompli, soit à ses frais, soit avec des missions, toujours insuffisamment subventionnées, du Ministère de l'Instruction publique, de nombreux voyages scientifiques, tous profitables à la Science et qui ont enrichi le Muséum de précieuses collections. La subvention lui permettra d'aller, en 1911 et 1912, compléter ses recherches sur la géologie, la faune et la flore des montagnes à neiges éternelles de l'Afrique équatoriale : le Kilima n'jaro, dont il a fait déjà trois fois l'ascension; le Ruwenzori, qu'il a déjà gravi dans son dernier voyage (1908-1909); et le Kénia, encore très peu connu, dont il se propose d'explorer cette année en détail les régions élevées et les différentes zones. Les résultats de cette nouvelle expédition, joints à ceux des deux précédentes, permettront de faire des études d'ensemble sur la faune et la flore alpines de ces sommets intertropicaux.

3° 3000fr à M. **Barbieri**, docteur en médecine, attaché à divers laboratoires de la Faculté de Médecine de Paris, pour lui permettre de mener à bonne fin les recherches chimiques qu'il poursuit depuis onze ans sur la matière nerveuse et particulièrement sur la substance blanche du cerveau et des nerfs.

4° 3000fr à M. **André Broca**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine, pour faire construire un appareil basé sur les principes énoncés par lui dans deux Notes aux *Comptes rendus* et opérant la mesure des angles géodésiques par la méthode de la répétition de Borda modifiée.

5° 3000fr à M. **Krempf**, zoologiste, qui a déjà exploré pendant cinq années les rivages de l'Indo-Chine, pour lui permettre d'acquérir un matériel complet de scaphandrier, destiné à poursuivre, dans des conditions plus favorables, ses recherches sur la biologie de ces rivages.

6° 3000fr à M. **Sollaud**, agrégé des Sciences naturelles, attaché au laboratoire d'Entomologie du Muséum, qui poursuit un travail d'ensemble sur les Crevettes de la famille des Palémonidés, notamment sur le Bouquet, et qui désire les étudier sur nos côtes dans leurs divers habitats naturels.

7° 3000fr à M. **Topsent**, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Dijon, pour lui permettre d'entreprendre, dans des conditions favorables, l'étude zoologique des eaux douces de Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or), en organisant un petit établissement propre à emmagasiner des engins de pêche et des instruments d'investigation rapide et à abriter, au besoin, les travailleurs pendant un certain temps.

8° 2000fr à MM. **Buisson** et **Fabry**, professeurs à la Faculté des Sciences de Marseille, pour l'achat d'appareils destinés à poursuivre leurs recherches sur la répartition de l'énergie dans le spectre solaire, notamment tout le matériel nécessaire aux mesures photométriques et calorifiques, en particulier d'un galvanomètre très sensible, à l'abri des perturbations magnétiques très fortes qui résultent du voisinage des lignes électriques.

9° 2000fr à M. **Gaubert**, assistant de Minéralogie au Muséum, lauréat de l'Institut, pour acquérir les appareils nécessaires à la poursuite de ses travaux sur les cristaux liquides et la cristallogenèse, notamment un microscope polarisant grand modèle, modifié en vue des recherches actuelles et un appareil photographique s'adaptant à ce microscope.

10° 2000fr à M. **Houard**, docteur ès sciences, préparateur de Botanique à la Faculté des Sciences de Paris, lauréat de l'Institut, pour lui permettre d'aller poursuivre en Amérique ses recherches sur les zoocécidies. Ses travaux antérieurs sur les zoocécidies d'Europe ont fait la matière d'un Traité en deux gros volumes, publié récemment, qui est le développement d'un premier Ouvrage écrit en collaboration avec M. G. Darboux, professeur de Zoologie à l'Université de Marseille. Ce Traité, où se trouvent décrites plus de 6000 galles, a été favorablement accueilli par les savants de tous pays et est devenu aussitôt la base des études actuelles sur les galles.

11° 2000fr à M. **Moureu**, professeur à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, pour lui permettre de poursuivre ses études sur les gaz rares et leur diffusion dans la nature. On sait que M. Moureu a déjà établi la présence générale des cinq gaz : hélium, néon, argon, crypton et xénon dans un grand nombre de *gaz spontanés* de sources thermales et que les dosages effectués l'ont conduit à diverses conclusions importantes pour la Géologie et la Physique du globe. Il y aurait intérêt à poursuivre ces recherches sur d'autres mélanges gazeux naturels (grisou, gaz volcaniques, gaz de pétrole, etc.). Il faudrait aussi s'attacher à l'étude, déjà commencée, des rapports existant entre les proportions des divers corps simples dans ces mélanges gazeux. Il y aurait lieu enfin d'entreprendre des déterminations spéciales du crypton et du xénon dans l'atmosphère, où ces deux gaz n'ont encore été dosés que par distillation fractionnée. C'est à la solution de ces nouveaux et importants problèmes que la subvention sera consacrée.

La liste suivante résume ces onze subventions :

		fr
1.	M. Hartmann	4000
2.	M. Alluaud	3000
3.	M. Barbieri	3000
4.	M. Broca (André)	3000
5.	M. Krempf	3000
6.	M. Sollaud	3000
7.	M. Topsent	3000
8.	MM. Buisson et Fabry	2000
9.	M. Gaubert	2000
10.	M. Houard	2000
11.	M. Moureu	2000
	Total	30000

montant de l'annuité accrue, mise à la disposition de l'Académie pour 1911 par la généreuse initiative de notre Confrère.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

FIN DU TOME CENT-CINQUANTE-DEUXIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1911.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 152.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BACTÉRIOLOGIE.

BIOLOGIE.

BOTANIQUE.

C

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INDUSTRIELLE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

CHIMIE VÉGÉTALE.

CRISTALLOGRAPHIE.

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MÉTÉOROLOGIE.

MICROBIOLOGIE.

MINÉRALOGIE.

N

O

P

PALÉONTOLOGIE.

PATHOLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

R

S

T

U

V

Z

ZOOLOGIE.

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
48498 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.